

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Institut dopravy

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

# Diplomová práce

2021

Jan Mokryš

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Institut dopravy

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

## **Stanovení provozní spolehlivosti a nákladů na údržbu flotily silničních vozidel**

Determination of Operational Reliability and  
Maintenance Costs of the Road Vehicle Fleet

Student:

Bc. Jan Mokryš

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Jan Famfulík, Ph.D.

## Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce **doc. Ing. Jan Famfulík, Ph.D.** za odbornou pomoc a konzultaci při vytváření této práce a Skupině ČEZ (zejména pan **Bc. Lukáš Noga**) za zaslání potřebných dat a příkladnou spolupráci.

## Abstrakt

Účelem diplomové práce je zjistit spolehlivost a náklady na provoz flotily silničních vozidel Skupiny ČEZ. Náplní práce je projít záznamy o spolehlivosti a údržbě vozidel. V první části se v úvodu snažím vysvětlit o čem daná práce je a co obsahuje. Ve druhé etapě se popisuje posuzovaná flotila vozidel, ve třetí kapitole se uvádí výpočetní metody pro stanovení spolehlivosti a nákladů na údržbu. U čtvrté části se zpracovávají experimentální data. Pátá kapitola se zabývá hodnocením dosažené úrovně spolehlivosti a nákladů na údržbu. V poslední kapitole se shrnují dosažené výsledky a zároveň doporučení pro Skupinu ČEZ pro lepší využití vozidel a snížení nákladů na údržbu.

## Klíčová slova

spolehlivost, náklady

## Abstract

The purpose of the diploma thesis is to determine the reliability and costs of operating a fleet of road vehicles of Group ČEZ. The scope of work is the design of records on the reliability and maintenance of vehicles. In the first, in the introduction we try to explain what the work is about and what it contains. In the second stage it describes the assessed fleet of vehicles. In the third chapter, it presents calculation methods for determining reliability and maintenance costs. In the forth part we process experimental data. The fifth chapter deals with the evaluation of the achieved level of reliability and maintenance costs. The last chapter summarizes the achieved results and at the same time the recommendations for Group ČEZ fot better use of vehicles and reduction of maintenance costs.

## Key words

reliability, costs

## Seznam použitých symbolů a zkratek

ČEZ – české energetické závody

TDI – turbo dieselový motor

TSI – turbo benzínový motor

SUV – sportovně užitkové vozidlo

e – elektromobil

$f(t)$  – hustota pravděpodobnosti

$F(t)$  – distribuční funkce

C – konfidenční úroveň

$\alpha$  – hladina významnosti

$T_D$  – dolní mez

$T_H$  – horní mez

$\chi^2$  – chí kvadrát rozdělení

ČR – Česká republika

D – rozptyl

E – střední hodnota

N – statistický rozsah vzorků

$T_P$  – střední doba mezi poruchy

$v$  – počet stupňů volnosti

$T_{AKU}$  – akumulovaný čas

$T_C$  – celková doba provozu

$T_M$  – celková doba v údržbě

MPO – ministerstvo průmyslu a obchodu

$t_i$  – doba poruchy i-tého prvku

$t_o$  – maximální doba trvání zoušky

$n$  – počet zkoušených výrobků

$r_o$  – maximální počet výrobků v poruše



## Obsah

<b>1. Úvod.....</b>	<b>1</b>
1.1 Definice použitých pojmů.....	1
1.1.1 Spolehlivost dle normy ČSN ISO 9000:2000 .....	1
1.1.2 Spolehlivost dle normy ČSN IEC 50(191) .....	2
<b>2. Popis posuzované flotily vozidel .....</b>	<b>4</b>
2.1 Představení Skupiny ČEZ .....	4
2.2 Flotila vozidel Skupiny ČEZ .....	4
2.3 Schéma vybrané flotily vozidel Skupiny ČEZ .....	6
2.3.1 Škoda Kodiaq .....	7
2.3.2 Škoda Superb .....	9
2.3.3 Škoda Rapid .....	11
2.3.4 Škoda Karoq.....	13
2.3.5 Volkswagen Golf .....	15
2.4 Budoucnost flotily vozidel Skupiny ČEZ.....	17
<b>3. Výpočetní metody pro stanovení spolehlivosti a nákladů na údržbu .....</b>	<b>18</b>
3.1 Hustota pravděpodobnosti .....	18
3.2 Distribuční funkce.....	19
3.3 Intervalový odhad parametrů rozdělení .....	20
3.4 $\chi^2$ rozdělení .....	22
3.5 Rozdělení zkušebních plánů .....	23
3.5.1 Úplný zkušební plán.....	23
3.5.2 Zkušební plán cenzurovaný počtem poruch r-plán .....	23
3.5.3 Zkušební plán cenzurovaný dobou do poruchy t-plán .....	24
3.5.4 Zkušební plán progresivně cenzurovaný .....	24
3.5.5 Značení zkušebních plánů.....	24
3.5.6 Časové veličiny zkušebních plánů.....	25
3.5.7 Použití a vyhodnocení zkušebních plánů.....	26
<b>4. Zpracování experimentálních dat .....</b>	<b>27</b>
4.1 Popis zpracovaných tabulek .....	27
4.2 Výpočet základních parametrů.....	29
4.2.1 Statistiky Škoda Kodiaq .....	29
4.2.2 Statistiky Škoda Superb .....	30
4.2.3 Statistiky Škoda Rapid .....	30
4.2.4 Statistiky Škoda Karoq .....	31
4.2.5 Statistiky Volkswagen Golf .....	31

4.3 Výpočet spolehlivostních parametrů .....	34
4.3.1 Střední doba mezi poruchami .....	35
4.3.2 Střední ujetá dráha mezi poruchami .....	36
4.3.3 Střední prostoj v údržbě .....	36
4.3.4 Střední doba mezi dopravními nehodami .....	36
4.3.5 Střední ujetá dráha mezi dopravními nehodami .....	37
4.3.6 Střední doba do poruchy vybraných konstrukčních skupin .....	37
4.3.7 Střední náklady za dopravní nehodu a údržbu .....	37
<b>5. Hodnocení dosažené úrovně spolehlivosti a nákladů na údržbu .....</b>	<b>38</b>
5.1 Porovnání doby mezi poruchami .....	38
5.2 Porovnání prostoje v údržbě .....	39
5.3 Porovnání ujeté dráhy mezi poruchami .....	40
5.4 Porovnání doby mezi dopravními nehodami .....	41
5.5 Porovnání ujeté dráhy mezi dopravními nehodami .....	42
5.6 Porovnání doby a ujeté dráhy mezi poruchami pohonné soustavy .....	43
5.7 Porovnání doby a ujeté dráhy mezi poruchami podvozku .....	44
5.8 Porovnání doby a ujeté dráhy mezi poruchami karosérie .....	45
5.9 Porovnání nákladů na dopravní nehodu .....	46
5.10 Porovnání nákladů na údržbu .....	47
<b>6. Závěr .....</b>	<b>48</b>
<b>7. Seznam použité literatury .....</b>	<b>50</b>
<b>8. Seznam obrázků .....</b>	<b>52</b>
<b>9. Seznam příloh .....</b>	<b>55</b>





# 1. Úvod

Tato diplomová práce se zabývá spolehlivostí a hodnotou nákladů skupiny vozidel, které patří Skupině ČEZ. Jedná se o část vozového parku, která byla vybrána. Jde celkem o pět modelů - velké SUV Škoda Kodiaq, menší SUV Škoda Karoq, Škoda Superb, Škoda Rapid a Volkswagen Golf. Většina vozidel jezdí na území České republiky. Celkově to je 272 vozidel z asi 5 000 vozidel, které Skupina ČEZ vlastní ve svém vozovém parku. [18]

Hlavní úkolem je zjistit, jak vysoké úrovně spolehlivosti vozy dosahují a kolik stojí údržba daných modelů automobilů. Na závěr se všechny vypočítané parametry porovnají mezi jednotlivými modely, aby se zjistilo, které uspěly nejlépe.

## 1.1 Definice použitých pojmů

V této podkapitole je vysvětlena spolehlivost podle dvou základních norem.

### 1.1.1 Spolehlivost dle normy ČSN ISO 9000:2000

Spolehlivost dle této normy je definována jako souhrnný pojem, který se používá pro popis pohotovosti a činitelů, které ji významně ovlivňují. Spolehlivost je v širším pojetí rozdělena na tři skupiny, a to jsou bezporuchovost, udržitelnost a zajištěnost údržby. Viz. dále zdroj [17]

a) Bezporuchovost je stav systému, jenž dokáže plnit nepřetržitě požadované funkce po předem stanovenou dobu a za stanovených podmínek.

b) Udržitelnost je schopnost objektu setrvat v podmínkách, které umožňují jeho provoz nebo se vrátit do stavu, kde může plnit požadované funkce tehdy, pokud se údržba provádí v předem stanovených termínech a používají se stanovené předpisy a podmínky.

c) Zajištěnost údržby je schopnost dané organizace provádějící údržbářské služby zajišťovat dle pokynů v daných požadavcích prostředky, jenž jsou potřebné na údržbu a jsou v souladu se základní koncepcí údržby.

Spolehlivost může být také chápána jako celková vlastnost objektu. Všechny vlastnosti lze dále rozšířit o další definice.

a) Bezpečnost je schopnost daného prvku neohrožovat lidské zdraví nebo životní prostředí při plnění požadovaných funkcí.

b) Životnost je vlastnost systému provádět požadované funkce do mezního stavu systému při předepsaném postupu údržby a oprav.

c) Pohotovost je schopnost zařízení být ve schopném stavu, kdy dokáže plnit požadované funkce v daném časovém rozmezí a v daných podmínkách.

d) Filozofie údržby je systém, jehož součástí jsou principy pro organizování a provádění údržby.

#### 1.1.2 Spolehlivost dle normy ČSN IEC 50(191)

Norma ČSN IEC 50(191) vyjadřuje spolehlivost jako pravděpodobnost bezporuchového provozu. To znamená, že objekt může plnit požadovanou funkci v daných podmínkách a v daném časovém intervalu. Tato vlastnost umožňuje odvodit další charakteristiky. Obsahem této normy jsou další pojmy, které souvisí s bezporuchovostí a údržbou. Viz. dále zdroj [17]

a) Porucha je vyjádřena jako částečná nebo úplná ztráta provozuschopnosti systému nebo prvku. Když dojde ke změně stavu systému, rozhoduje se, zda jde o poruchu nebo nikoliv podle stanovených podmínek provozu.

b) Doba do první poruchy je celková doba provozu od prvního uvedení do provozu v bezporuchovém stavu do první poruchy daného objektu.

c) Doba mezi poruchami je časové rozmezí mezi dvěma po sobě následujícími poruchami opravovaného objektu.

d) Doba údržby je časový interval, během něhož se provádí údržbářské úkony, a to buď ručně nebo automaticky. Patří zde i logistická a technická zpoždění.

e) Preventivní údržba je prováděna v předem stanovených intervalech nebo podle daných kritérií, za účelem snížení pravděpodobnosti poruchy nebo na degradaci udržovaného systému.

f) Údržba po poruše se provádí po zaznamenání poruchového stavu systému, jejichž hlavním účelem je vrátit systém zpět do provozuschopného stavu, aby plnil požadované funkce.

g) Oprava je část údržby, během níž se na objektu provádí mechanické ruční práce.

## 2. Popis posuzované flotily vozidel

Cílem kapitoly je popsat posuzovanou flotilu vozidel a uvést kolik vozidel je ve vozovém parku a kolik vozů z tohoto počtu se bude řešit v této diplomové práci.

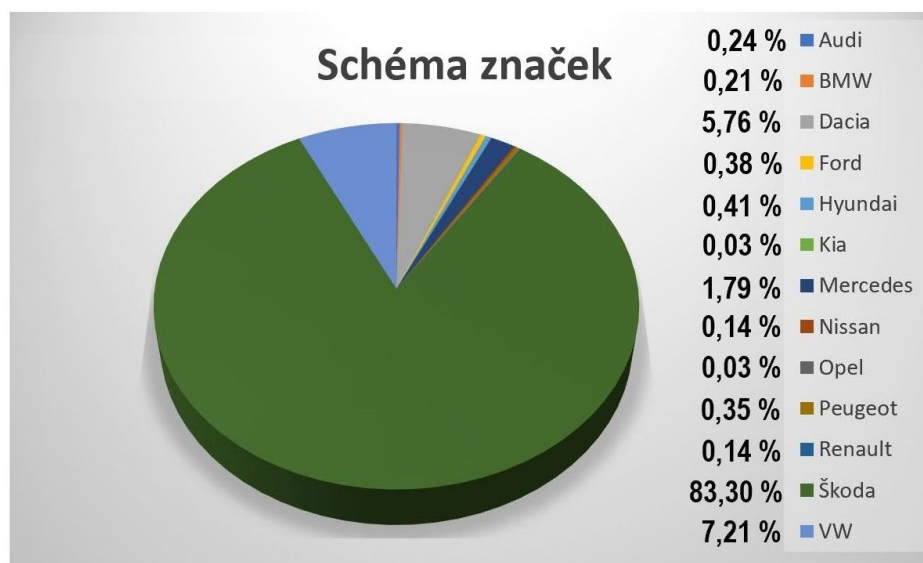
### 2.1 Představení Skupiny ČEZ

Skupina ČEZ je akciová společnost založená 6. května 1992 v Praze. Česká republika vlastní přibližně 70% akcií prostřednictvím Ministerstvem financí. Je největším dodavatelem energií v České republice. Skupina ČEZ se zabývá těžbou uhlí a dále výrobou, distribucí a prodejem energií koncovým zákazníkům. Další službou, kterou zprostředkovává Skupina ČEZ je mobilní volání. Operuje celkem v 7 zemích Evropy. Tato společnost byla v roce 2014 první nejziskovější a druhá největší česká firma podle tržeb. Firma zaměstnává okolo 26 000 zaměstnanců a tím je druhým největším zaměstnavatelem v ČR. [14]

### 2.2 Flotila vozidel Skupiny ČEZ

Skupina ČEZ má spoustu povinností. Musí obsluhovat všechny kritické infrastruktury, které jim patří. Skupina ČEZ také sponzoruje různé kulturní a sportovní akce po celé ČR (např. Jizerská 50, Filmový festival v Karlových Varech). Dále se podílí na výstavbě energetických staveb (kogenerační jednotky, modernizace již existujících zařízení, zvyšování energetické účinnosti atd.). K tomu, aby mohla obsloužit všechny tyto události, potřebují zaměstnanci silniční vozidla. [18]

Celkově provozuje Skupina ČEZ 4 998 vozidel. Jsou to vozidla osobní, užitková, ale také speciální a hasičská technika. Tato práce bude řešit „pouze“ vybrané modely osobních vozidel. Dohromady to je 272 vozidel různých značek, modelů a stáří. Data jsou platná k 31.10.2020. Data ke grafu nalezneme v příloze č.15 [18]



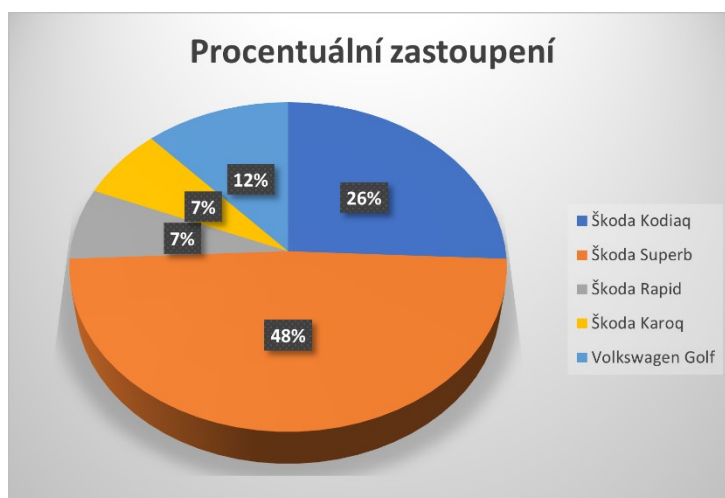
Obr.1 – Schéma jednotlivých značek osobních automobilů M1 [autor: Jan Mokryš]



Obr.2 – Ilustrační obrázek vozidla Škoda Octavia Skupiny ČEZ [18]

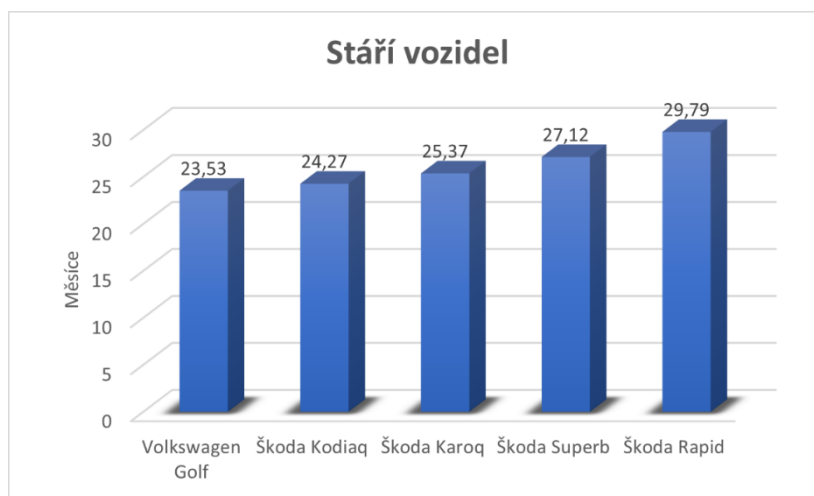
### 2.3 Schéma vybrané flotily vozidel Skupiny ČEZ

Skupina ČEZ je polostátní firma a většina osobních vozidel pochází od české automobilky Škoda. Z tohoto důvodu jsou čtyři z pěti vybraných modelů právě této značky. Jedná se o vozy Škoda Kodiaq, Škoda Karoq, Škoda Superb a Škoda Rapid. Jediným hodnoceným modelem, který nemá logo Škoda je Golf od německé automobilky Volkswagen. Výšečový graf zobrazuje procentuální zastoupení jednotlivých modelů. Graf vznikl na základě tabulky v příloze č.1



Obr.3 – Procentuální zastoupení vybraných modelů [autor: Jan Mokryš]

Následující graf porovnává jednotlivá stáří modelů vozidel. Volkswagen Golf je v průměru nejmladším vozem. Nejstarším je Škoda Rapid, což je dáno tím, že tento model se již přibližně dva roky nevyrábí. Data jsou v příloze č.2.



Obr.4 – Graf stáří vozidel v měsících [autor: Jan Mokryš]

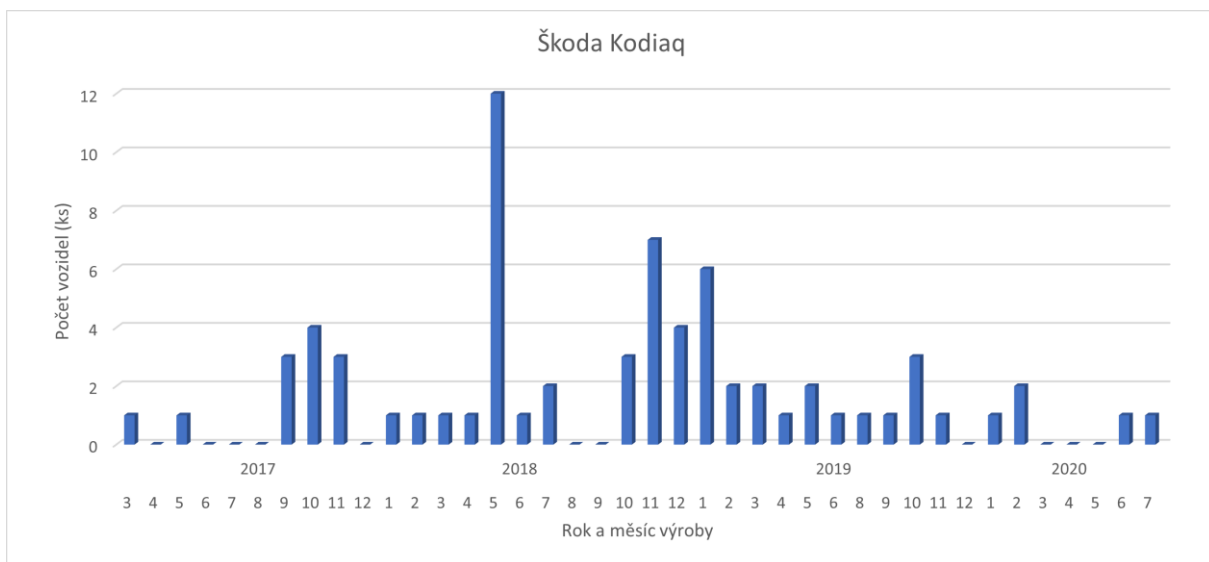
### 2.3.1 Škoda Kodiaq

Prvním v pořadí je velké SUV Kodiaq (26 %; 70 ks), existuje se šesti různými motory. Čtyři jsou benzínové (1,4 TSI 110 kW; 1,5 TSI 110 kW a dvě verze s motorem 2,0 TSI 132 kW, respektive 140 kW). Naftové verze mají stejný objem motoru 2,0 TDI 110 kW, respektive 140 kW. Právě verze 2,0 TDI 110 kW je v největším počtu vozidel (37 kusů). Převažuje automatická převodovka DSG (60 kusů) a pohon všech kol (63 kusů). Jedenáct vozidel má navíc sedmimístnou verzi. Automobily jsou průměrně staré 24,27 měsíce. Tato vozidla jsou převážně používána jako manažerská (ředitelská). [18]

Technické parametry	
<b>Rozměry:</b>	<b>mm</b>
Délka	4 697
Šířka	1 882
Výška	1 655
Rozvor	2 791
Rozchod vpředu	1 586
Rozchod vzadu	1 576
<b>Motorizace: (ks)</b>	<b>Výkon (kW)</b>
1,4 TSI (2)	110
1,5 TSI (1)	110
2,0 TSI (5, 5)	132, 140
2,0 TDI (37, 20)	110, 140
<b>Převodovky: (ks)</b>	<b>Počet stupňů</b>
Manuál (10)	6
Automat (60)	6, 7
<b>Pohon:</b>	<b>Počet ks</b>
4x2	7
4x4	63
<b>Další parametry</b>	<b>Hodnota</b>
Pohotovostní hm.	1 502 - 1 752 (kg)
Objem pal. nádrže	58 - 60 (l)
Světlná výška	187 (mm)

Obr.5 – Tabulka technické parametry Škoda Kodiaq [1], [18], [autor: Jan Mokryš]





Obr.6 – Graf rok a měsíc výroby Škoda Kodiaq [18], [autor: Jan Mokryš]



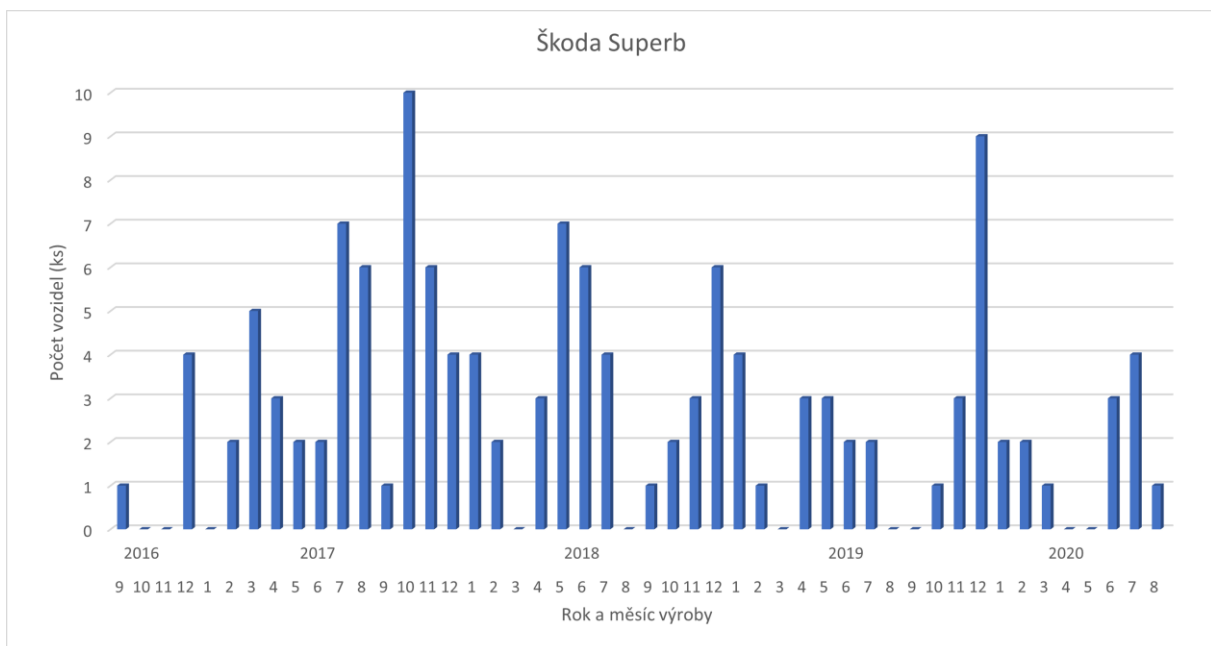
Obr.7 – Ilustrační obrázek Škoda Kodiaq [6]

### 2.3.2 Škoda Superb

Druhý model značky Škoda je Superb (48 %; 132 ks). Jedná se z velké části o sedany (102/30), má celkem osm různých motorizací. Šest je s benzínovými motory (1,5 TSI 110 kW; 1,8 TSI 132 kW a čtyři výkonnostní varianty motoru 2,0 TSI s výkony 140 kW, 167 kW, 200 kW, 206 kW). Dva naftové motory mají stejný základ motoru (2,0 TDI se 110 kW, 140 kW). Nejvíce vozidel má motorizaci 2,0 TDI s výkonem 110 kW. Na rozdíl od ostatních modelů značky Škoda je zde vidět, že vozidla výbavově patří do vyšší kategorie. Většina vozidel (102 kusů) má automatickou převodovku DSG. Co se týče pohonu kol má více vozidel (75 kusů) poháněnou pouze přední nápravu, ostatní mají pohon jak přední, tak zadní nápravy. Vozidla jsou v průměru stará 27,12 měsíců. [18]

Technické parametry	
<b>Rozměry:</b>	<b>mm (kombi)</b>
Délka	4 861 (+1)
Šířka	1 864
Výška	1 468 (+9)
Rozvor	2 841
Rozchod vpředu	1 584 - 1 586
Rozchod vzadu	1 572 - 1 574
<b>Motorizace: (ks)</b>	<b>Výkon (kW)</b>
1,5 TSI (2)	110
1,8 TSI (1)	132
2,0 TSI (4, 2, 9, 6)	140, 162, 200, 206
2,0 TDI (57, 50)	110, 140
<b>Převodovky: (ks)</b>	<b>Počet stupňů</b>
Manuál (30)	6
Automat (102)	6, 7
<b>Pohon:</b>	<b>Počet ks</b>
4x2	75
4x4	57
<b>Karosérie:</b>	<b>Počet ks</b>
Sedan	99
Kombi	33
<b>Další parametry</b>	<b>Hodnota</b>
Pohotovostní hm.	1 395 - 1 615 (kg)
Objem pal. nádrže	66 (l)
Světlná výška	134 - 149 (mm)

Obr.8 – Tabulka technické parametry Škoda Superb [7], [18], [autor: Jan Mokryš]



Obr.9 – Graf rok a měsíc výroby Škoda Superb [18], [autor: Jan Mokryš]



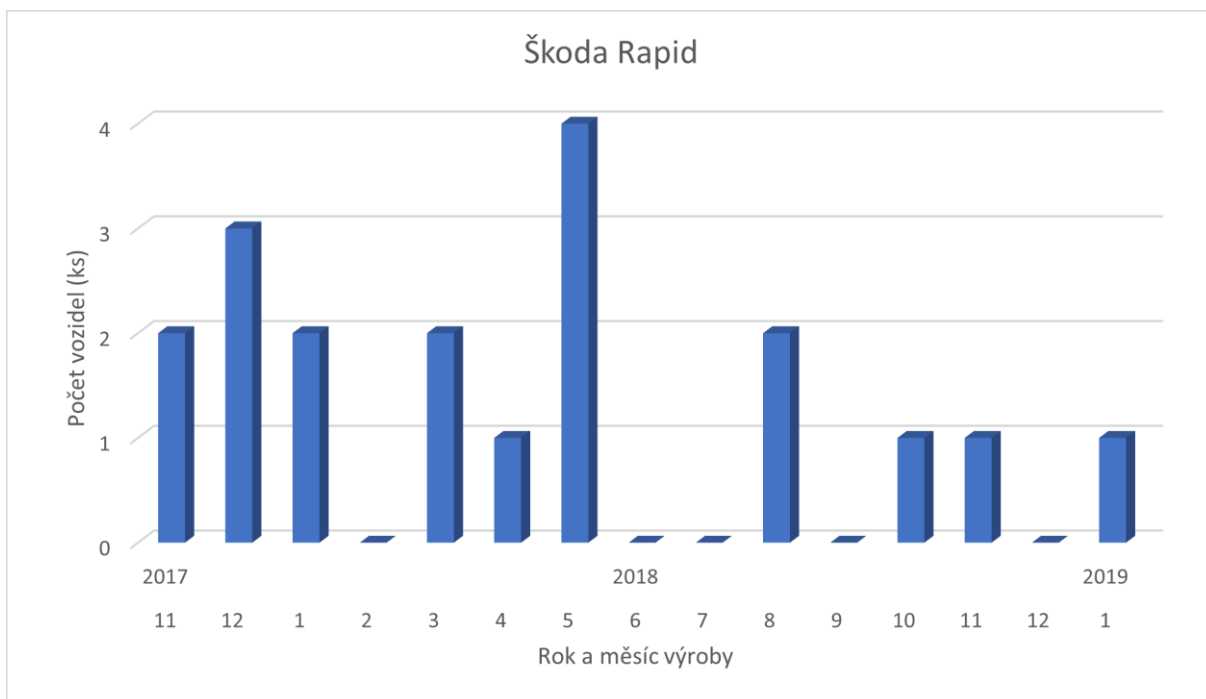
Obr.10 – Ilustrační obrázek Škoda Superb kombi [2]

### 2.3.3 Škoda Rapid

Třetím zástupcem je Rapid (7 %; 19 ks). Celkově existuje s pěti motorizacemi. Benzínové motory (1,0 TSI o výkonech 70 kW, respektive 81 kW; 1,4 TSI 92 kW) a naftové motory (1,4 TDI 66 kW; 1,6 TDI 85 kW). Motory 1,0 TSI o výkonech 70 kW (8 ks) a 81 kW (8 ks) jsou ve většině vozidlech. Karosářská varianta hatchback je u 12 vozidel. Ostatní mají variantu sedan. Až na jedinou výjimku mají vozidla manuální převodovku. Pohon pouze jedné nápravy je potom u všech vozidel. Věk vozidel je v průměru 29,79 měsíců. [18]

Technické parametry	
<b>Rozměry:</b>	<b>mm (hatchback)</b>
Délka	4 483 (-179)
Šířka	1 706
Výška	1 461 - 1 466 (-2)
Rozvor	2 602
Rozchod vpředu	1 457 - 1 463
Rozchod vzadu	1 488 - 1 500
<b>Motorizace: (ks)</b>	<b>Výkon (kW)</b>
1,0 TSI (8, 8)	70, 81
1,4 TSI (1)	92
1,4 TDI (1)	66
1,6 TDI (1)	85
<b>Převodovky: (ks)</b>	<b>Počet stupňů</b>
Manuál (18)	5, 6
Automat (1)	7
<b>Pohon:</b>	<b>Počet ks</b>
4x2	19
4x4	0
<b>Karosérie:</b>	<b>Počet ks</b>
Sedan	7
Hatchback	12
<b>Další parametry</b>	<b>Hodnota</b>
Pohotovostní hm.	1 135 - 1 275 (kg)
Objem pal. nádrže	55 (l)
Světlná výška	136 - 143 (mm)

Obr.11 – Tabulka technické parametry Škoda Rapid [8], [9], [18], [autor: Jan Mokryš]



Obr.12 – Graf rok a měsíc výroby Škoda Rapid [18], [autor: Jan Mokryš]



Obr.13 – Ilustrační obrázek Škoda Rapid [3]

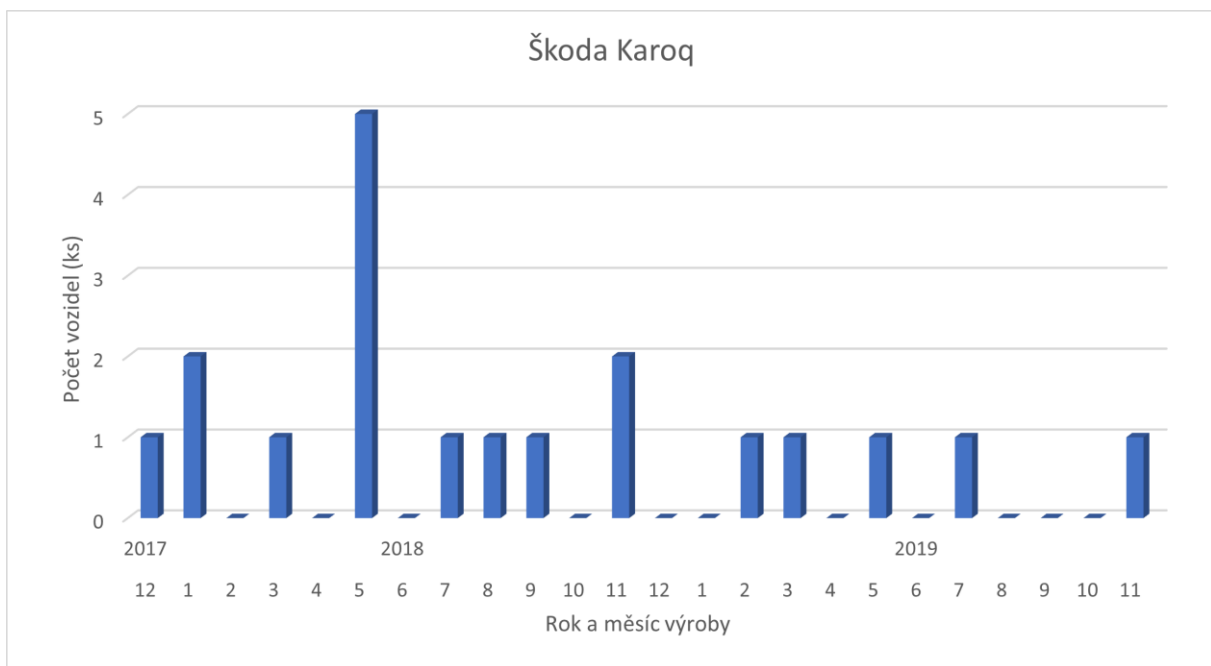


### 2.3.4 Škoda Karoq

Posledním modelem značky Škoda je menší SUV Karoq (7 %; 19 ks). Vozy mají čtyři motorizace, a to dvě s benzínovým motorem (1,0 TSI 85 kW; 1,5 TSI 110 kW) a dvě s naftovým motorem (1,6 TDI 85 kW; 2,0 TDI 110 kW). Motorizace jsou téměř rovnoměrně rozdělené v poměru (5/6/4/4). U 13 vozidel je převodovka manuální, u ostatních je automatická DSG. Pohon přední nápravy je u 15 vozidel. Průměrné stáří je 25,37 měsíců. [18]

Technické parametry	
<b>Rozměry:</b>	<b>mm</b>
Délka	4 382
Šířka	1 841
Výška	1 603 - 1 607
Rozvor	2 624 - 2 638
Rozchod vpředu	1 576
Rozchod vzadu	1 541 - 1 547
<b>Motorizace: (ks)</b>	<b>Výkon (kW)</b>
1,0 TSI (5)	85
1,5 TSI (6)	110
1,6 TDI (4)	85
2,0 TDI (4)	110
<b>Převodovky: (ks)</b>	<b>Počet stupňů</b>
Manuál (13)	6
Automat (6)	7
<b>Pohon:</b>	<b>Počet ks</b>
4x2	15
4x4	4
<b>Karosérie:</b>	<b>Počet ks</b>
SUV	19
-	0
<b>Další parametry</b>	<b>Hodnota</b>
Pohotovostní hm.	1 340 - 1 591 (kg)
Objem pal. nádrže	50 - 55 (l)
Světlná výška	172 - 176 (mm)

Obr.14 – Tabulka technické parametry Škoda Karoq [10], [18], [autor: Jan Mokryš]



Obr.15 – Graf rok a měsíc výroby Škoda Karoq [18], [autor: Jan Mokryš]



Obr.16 – Ilustrační obrázek Škoda Karoq [4]

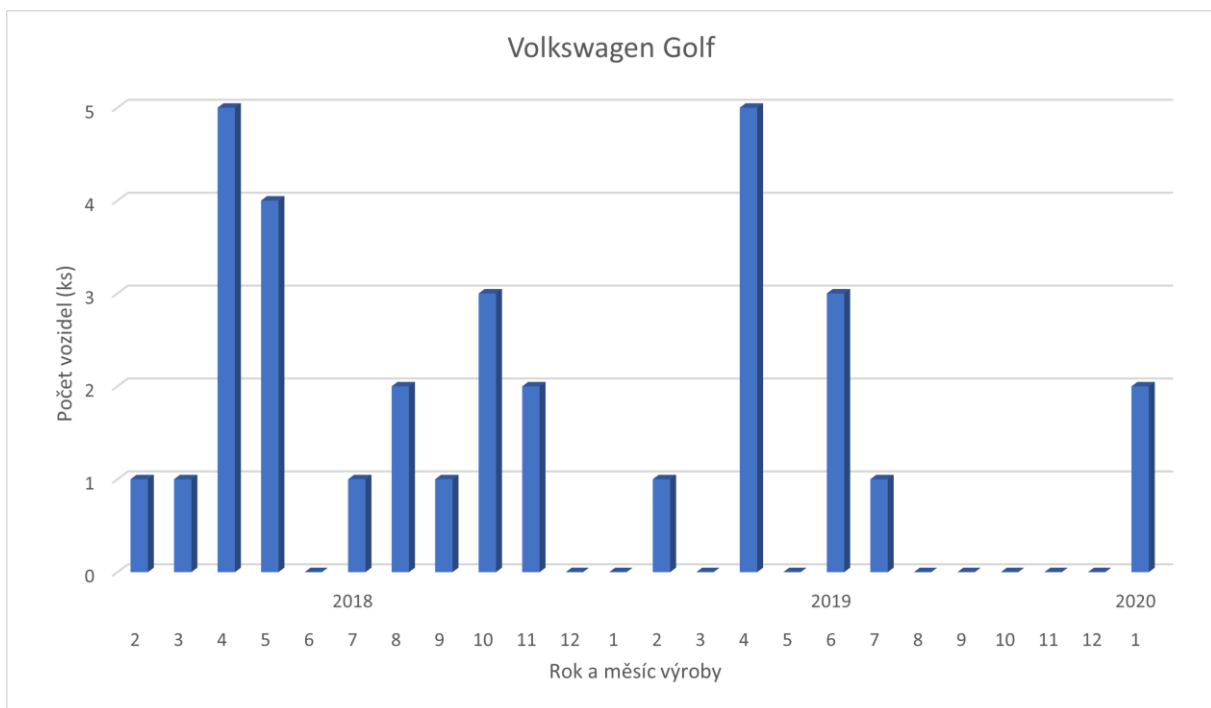
### 2.3.5 Volkswagen Golf

Jediný model, který není značky Škoda, je vůz Volkswagen Golf (12 %; 32 ks). Až na jednu výjimku jsou auta poháněná čistě na elektřinu. Výkon elektromotoru je v tomto případě rovných 100 kW. Jediné vozidlo je potom poháněné hybridním pohonem. Elektromotor je spřažen s benzínovým motorem 1,4 TSI. Kombinovaný výkon sestavy je 110 kW. Všechny Golfy mají automatickou převodovku. Vozidla jsou stará 23,53 měsíců. [18]

Technické parametry	
<b>Rozměry:</b>	<b>mm</b>
Délka	4 270
Šířka	1 799
Výška	1 450
Rozvor	2 632
Rozchod vpředu	1 549
Rozchod vzadu	1 518
<b>Motorizace: (ks)</b>	<b>Výkon (kW)</b>
Elektro (31)	100
1,4 TSI + elektro (1)	110
<b>Převodovky: (ks)</b>	<b>Počet stupňů</b>
Manuál (0)	-
Automat (32)	2, 6
<b>Pohon:</b>	<b>Počet ks</b>
4x2	19
4x4	0
<b>Karosérie:</b>	<b>Počet ks</b>
kombi	0
Hatchback	32
<b>Další parametry</b>	<b>Hodnota</b>
Pohotovostní hm.	1 540 - 1 590 (kg)
Objem pal. Nádrže (baterie)	39,5 l (35,8 kWh)
Světlná výška	138 - 142 (mm)

Obr.17 – Tabulka technické parametry Volkswagen Golf [11], [12], [13], [18], [autor: Jan Mokryš]





Obr.18 – Graf rok a měsíc výroby Volkswagen Golf [18], [autor: Jan Mokryš]



Obr.19 – Ilustrační obrázek Volkswagen Golf [5]

## 2.4 Budoucnost flotily vozidel Skupiny ČEZ

Budoucnost automobilů směřuje k elektromobilitě neboli autům na elektrický pohon. Tato revoluce začala i u Skupiny ČEZ. Kromě již zmíněných vozidel Volkswagen e-Golf vlastní již firma i další vozidla, která využívají k pohonu elektrickou energii. Jmenujme například BMW i3, Hyundai Kona, Hyundai Ioniq, VW Up! nebo Nissan Leaf. Navíc se společnost už musí pomalu řídit i nařízeními od samotného státu. Od konce tohoto roku musí společnost nakupovat více automobilů na elektrickou energii a vozidel, která jsou vybavena plug-in-hybridním ústrojím a mají spotřebu CO<sub>2</sub> do 50 g na ujetý kilometr. Konkrétně zní pokyn od Evropské unie ze směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/33/ES ze dne 23. dubna 2009 o podpoře silničních vozidel na podporu nízkoemisní mobility, že do roku 2025 musí být 29,7 % nově zakoupených vozidel emise CO<sub>2</sub> nižší než 50 g na ujetý kilometr. [18]

### 3. Výpočetní metody pro stanovení spolehlivosti a nákladů na údržbu

Kapitola popisuje jednotlivé matematické metody pro stanovení spolehlivosti a nákladů na údržbu.

#### 3.1 Hustota pravděpodobnosti

Viz. dále zdroj [17]

Hustotu pravděpodobnosti definujeme vztahem:

$$f(t)dt = P(t \leq T \leq t + dt) \quad (3.1)$$

Je to funkce, která vyjadřuje pravděpodobnost, že náhodná veličina  $T$  nabude hodnoty z nekonečně malého intervalu  $dt$ .

Hustota pravděpodobnosti má tyto vlastnosti:

a) je nezáporná,  $f(t) \geq 0$

b) velikost plochy pod křivkou je rovna jedné:

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(t)dt = 1 \quad (3.2)$$

c) pravděpodobnost, že náhodná veličina  $T$  nabude hodnoty z intervalu

$< t_1, t_2 >$  je dána:

$$P(t_1 < T \leq t_2) = \int_{t_1}^{t_2} f(t)dt \quad (3.3)$$

### 3.2 Distribuční funkce

Distribuční funkce je pravděpodobnost, že náhodná veličina  $T$  nabude hodnoty menší nebo rovné, než je zadaná hodnota  $t$ . Viz. dále zdroj [17]

$$F(t) = P(T \leq t) = \int_{-\infty}^t f(t) dt \quad (3.4)$$

Distribuční funkce má tyto vlastnosti:

- a) je vždy nezáporná a nabývá hodnoty z intervalu  $< 0,1 >$
- b) je neklesající, tedy  $F(t_2) \geq F(t_1)$  pro všechna  $t_2 \geq t_1$
- c) mezi hustotou pravděpodobnosti a distribuční funkcí je jednoznačný vztah:

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} \quad \text{za předpokladu, že existuje derivace } \mathbf{F(t)} \text{ podle } \mathbf{t} \quad (3.5)$$

- d) pro diskrétní náhodnou veličinu je distribuční funkce dána:

$$F(X \leq a) = p(x_1) + p(x_2) + \dots + p(a) = \sum_{i=1}^{i=a} p(x_i) \quad (3.6)$$

V teorii spolehlivosti je doba od uvedení do provozu do poruchy výrobku základní sledovanou náhodnou veličinou. Distribuční funkce potom má význam pravděpodobnosti poruchy výrobku v čase  $t$  a značí se  $\mathbf{F(t)}$ . Velmi podobně je to při posuzování udržitelnosti, kde má funkce  $\mathbf{F(t)}$  význam pravděpodobnosti ukončení opravy výrobku v čase  $t$ .

### 3.3 Intervalový odhad parametrů rozdělení

Intervalový odhad zahrnuje parametry rozdělení všech vyrobených výrobků. Tento odhad představuje interval, ve kterém se daný parametr nachází s předem stanovenou pravděpodobností. Viz. dále zdroj [17]

Tato pravděpodobnost, se kterou se parametr/parametry určitého rozdělení pravděpodobnosti nacházejí ve stanovených mezích, je označována jako konfidenční úroveň  $C$  a stanoví se ze vztahu:

$$C = 1 - \alpha \quad [-] \quad (3.7)$$

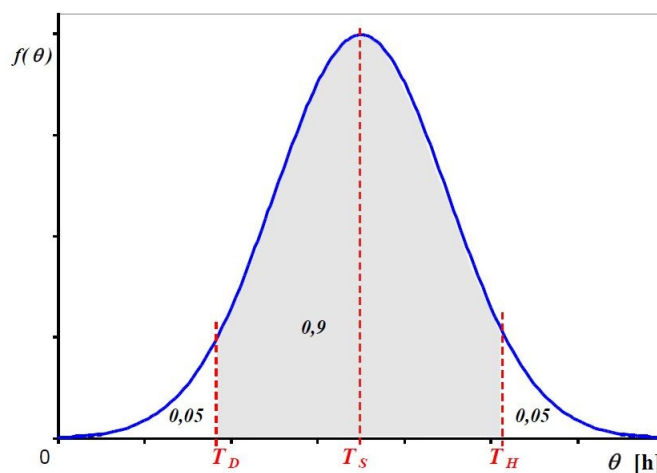
Kde:  $C$  - konfidenční úroveň

$\alpha$  – hladina významnosti (pravděpodobnost, že hodnota ukazatele spolehlivosti leží mimo stanovené meze)

Konfidenční interval potom představuje interval, kde se nachází daný parametr rozdělení (popřípadě některá z charakteristik náhodné veličiny). Tento interval může být z hlediska mezí konstruován jako oboustranný, nebo jednostranný (pouze jedna mez).

Oboustranný konfidenční interval je ohraničen dolní mezí  $T_D$  a horní mezí  $T_H$ , v němž leží hodnota určité charakteristiky náhodné veličiny  $\theta$  s pravděpodobností:

$$P(T_D \leq \theta \leq T_H) = C \quad [-] \quad (3.8)$$



Obr.20 – Oboustranný konfidenční interval [17]

Z výše uvedeného grafu je zřejmé, že daná charakteristika  $\theta$ , v tomto případě střední hodnota  $T_S$ , leží s 90 % pravděpodobností v intervalu  $(T_D; T_H)$ , s 5 % pravděpodobností je potom tento parametr menší než mez  $T_D$  a s pravděpodobností 5 % je parametr větší než  $T_H$ .

U jednostranného konfidenčního intervalu, kde je definována pouze dolní mez  $T_D$ , se označuje jako levostranný konfidenční interval, pro který platí:

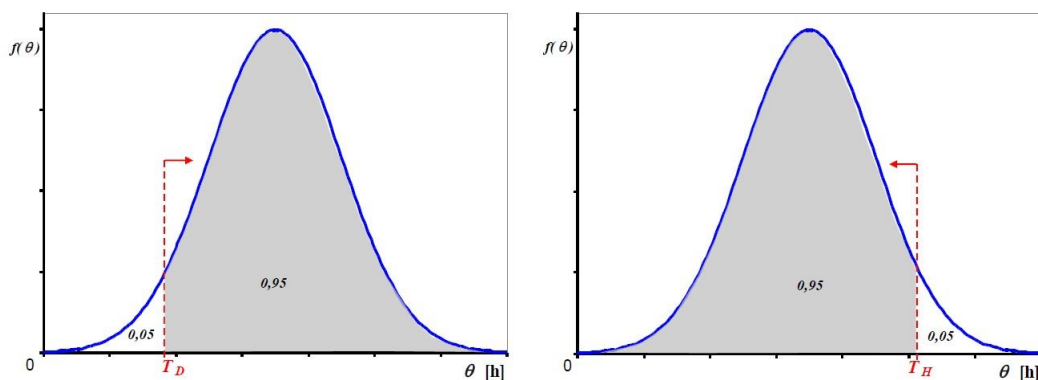
$$P(\theta \geq T_D) = C [-] \quad (3.9)$$

Charakteristika náhodné veličiny  $\theta$  se pak nachází s konfidenční úrovní  $C$  v intervalu  $(T_D; \infty)$ . S pravděpodobností  $\alpha$  leží mimo tento interval, to znamená, že je menší než dolní mez  $T_D$ .

Jednostranný konfidenční interval, který je definován horní mezí  $T_H$ , se nazývá pravostranný konfidenční interval a platí pro něho:

$$P(\theta \leq T_H) = C [-] \quad (3.10)$$

Pokud je konfidenční úroveň  $C = 0,95$ , pak hodnota ukazatele náhodné veličiny  $\theta$  je větší než horní mez  $T_H$  s pravděpodobností 0,05.



Obrázek 3.22 - Levostranný a pravostranný konfidenční interval

Obr.21 – Levostranný a pravostranný konfidenční interval [17]

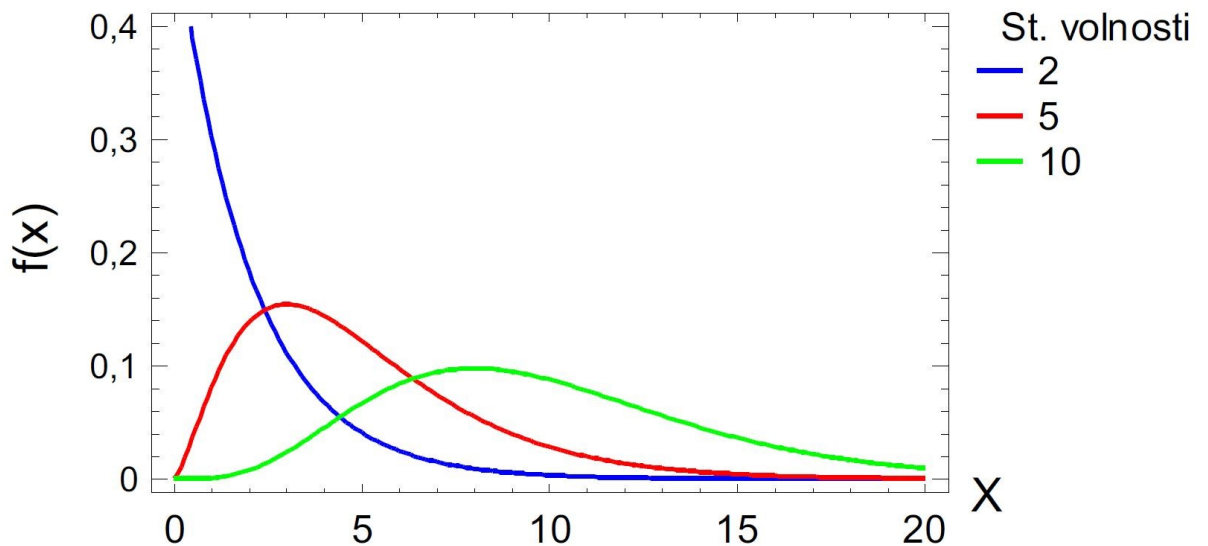
### 3.4 $\chi^2$ rozdělení

Náhodná veličina má rozdělení chí kvadrát s  $n$  stupni volnosti, jestli pro nezávislé náhodné veličiny  $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$  s normovanými normálním rozdělením platí:

Viz. dále zdroj [17]

$$\chi_n^2 = \sum_{i=1}^n Z_i^2 \quad (3.11)$$

Parametr rozdělení je pouze jeden, a to počet stupňů volnosti  $n$ . Hodnoty distribuční funkce rozdělení chí kvadrát jsou zde tabelovány.



Obr.22 – Graf hustoty pravděpodobnosti chí kvadrát rozdělení [17]

Rozptyl a střední hodnota jsou dány:

$$D(\chi_n^2) = 2n \quad (3.12)$$

$$E(\chi_n^2) = n \quad (3.13)$$

Chí kvadrát rozdělení se využívá především při určování intervalových odhadů ukazatelů spolehlivosti s použitím zkušebních plánů.

Rozdělení se využívá dále při provádění testu dobré shody (testování), zda empiricky získané hodnoty náhodné veličiny pocházejí z určitého typu rozdělení.

### 3.5 Rozdělení zkušebních plánů

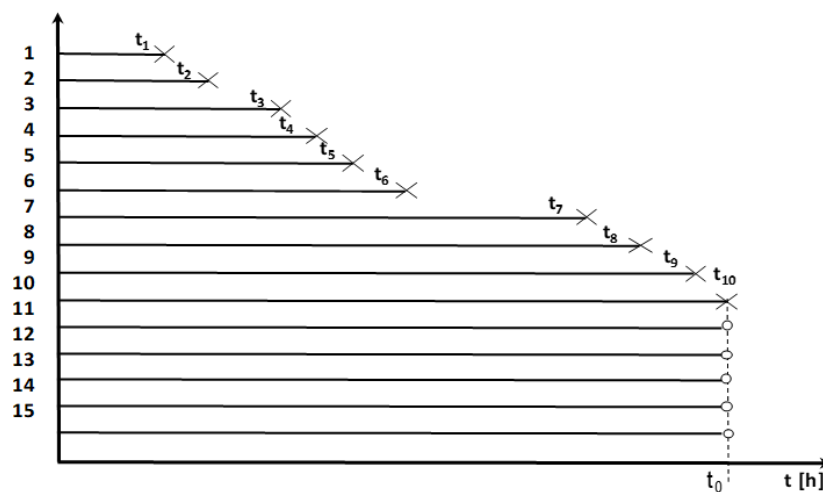
Zkušební plány jsou celkem rozděleny do čtyř skupin. Liší se podle omezujících podmínek, které pramení z praktického využití zkušebních plánů. Viz. dále zdroj [17]

#### 3.5.1 Úplný zkušební plán

U úplného zkušebního plánu dojde k poruše u všech testovaných výrobků. Výrobky nejsou nahrazovány, ani opravovány. Úplný zkušební plán končí tehdy, když se porouchá poslední funkční výrobek.

#### 3.5.2 Zkušební plán cenzurovaný počtem poruch r-plán

Tato zkouška je předem limitována zvoleným počtem poruch výrobků  $r_0$  a doba do poruchy je zde náhodnou veličinou. Výrobky se během zkoušky buď nenahrazují, nahrazují nebo opravují. R-plánem získáme soubor údajů, kterým říkáme cenzurované soubory 1. typu nebo cenzurované počtem poruch.

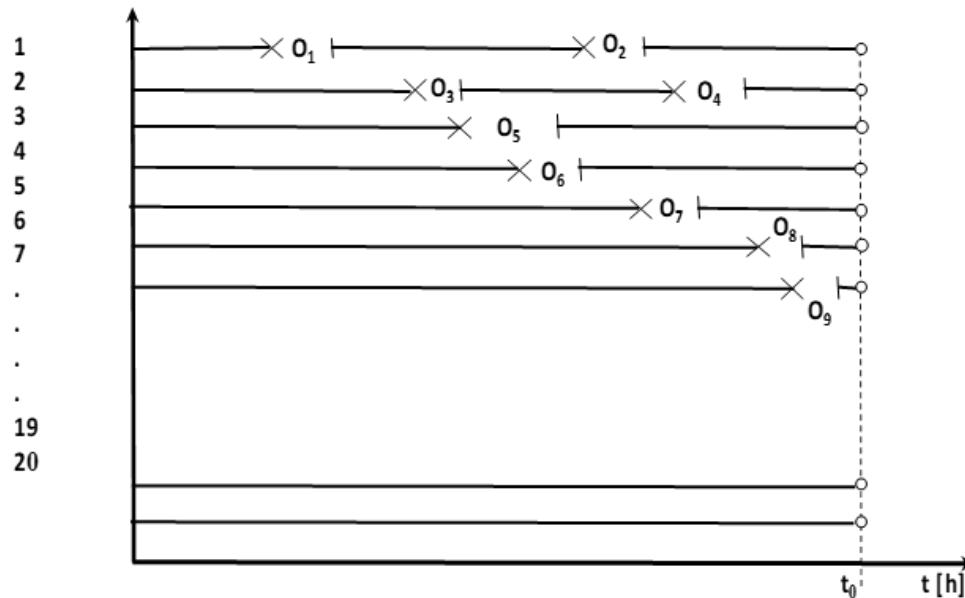


Obr.23 – Schéma r-plán limitovaný 10. poruchou [17]



### 3.5.3 Zkušební plán cenzurovaný dobou do poruchy t-plán

Limitním faktorem této zkoušky je čas nebo také doba trvání zkoušky  $t_0$  a počet poruch, které se objeví u zkoušených výrobků, je zde náhodnou veličinou. Výrobky se během zkoušky nenahrazují, nahrazují nebo opravují. Údaje, které získáme během zkoušky se nazývají cenzurované soubory 2. typu nebo cenzurované dobou trvání zkoušky.



Obr.24 – Schéma t-plán [17]

### 3.5.4 Zkušební plán progresivně cenzurovaný

V tomto případě se jedná o smíšený zkušební plán, který je náhodně cenzurovaný dobou trvání zkoušky i počtem poruch. Jedna část výrobků je omezena dobou trvání zkoušky, zbytek výrobků je řešen podle počtu poruch.

### 3.5.5 Značení zkušebních plánů

Zápis zkušebních plánů se provádí pomocí zapsání trojice po sobě jdoucích symbolů (n, X, Y). Jednotlivé symboly jsou popsány v tabulce níže.

<b>n</b>		počet zkoušených výrobků
<b>X</b> využití výrobků	<b>U</b>	po poruše není výrobek vyměněn ani opravován a je vyřazen ze zkoušky
	<b>R</b>	po poruše je výrobek nahrazen novým
	<b>M</b>	po poruše je výrobek opraven a pokračuje ve zkoušce
<b>Y</b> typ plánu	<b>r</b>	značení r-plánů, který je omezen předem stanoveným maximálním počtem poruch
	<b>t</b>	značení t-plánů, který je omezen maximální dobou trvání zkoušky $t_0$ , v momentě kdy je dosaženo času $t_0$ zkouška končí

Obr.25 – Tabulka symbolů zkušebních plánů [17], [autor: Jan Mokryš]

Kvůli zpracování údajů je zaveden ještě pojem tzv. **statistický rozsah vzorku  $N$** . Vyjadřuje skutečný počet zkoušených výrobků na zkoušce při použití plánu s nahrazováním výrobků, které jsou v poruše:

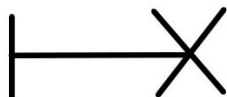
$$N = n + r_0 \quad (3.14)$$

### 3.5.6 Časové veličiny zkušebních plánů

Časové veličiny jsou určující při zkouškách spolehlivosti pomocí zkušebních plánů. Jejich úkolem je popsat chování zkoušených výrobků. Pokud se při zkušebním plánu stanoví maximální zkoušky (progresivně cenzurované plány, t-plány), mohou nastat dva případy:

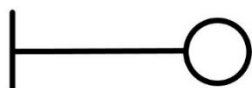
a) v čase  $t_i$  nastane u jednoho výrobku porucha, kdy doba  $t_i$  je menší než doba zkoušky  $t_0$ ,  $t_i$  je menší než  $t_0$

→ tato událost se nazývá ukončený interval a značí se symbolem:



b) před uplynutím plánované doby zkoušky  $t_0$  nenastane porucha jednoho výrobku

→ tato událost se nazývá neukončený interval a značí se symbolem:



Časová veličina, která znázorňuje průběh zkoušky, a je nejdůležitější, se jmenuje akumulovaný pracovní čas  $T_{AKU}$  (h). Akumulovaný pracovní čas představuje celkovou dobu, kdy byly všechny výrobky v provozu. Výpočet parametru závisí na zvoleném typu zkušebního plánu.

<b>r-plán</b>	U	$T_{AKU} = \sum_{i=1}^{r_0} t_i + (n - r_0) \times \tau$	(3.15)
	R	$T_{AKU} = n \times \tau$	(3.16)
	M	$T_{AKU} = \sum_{i=1}^{r_0} (\tau - O_i) + (n - r_0) \times \tau$	(3.17)
<b>t-plán</b>	U	$T_{AKU} = \sum_{i=1}^r t_i + (n - r) \times \tau_0$	(3.18)
	R	$T_{AKU} = n \times \tau_0$	(3.19)
	M	$T_{AKU} = \sum_{i=1}^r (\tau_0 - O_i) + (n - r) \times \tau_0$	(3.20)

Obr.26 – Výpočet akumulovaného pracovního času [17], [autor: Jan Mokryš]

$\tau$	doba zkoušky, od počátku do $r_0$ -té poruchy (h)
$r$	počet poruch vzniklých na souboru n výrobků, během zkoušky (-)
$O_i$	čas potřebný na opravu i-tého výrobku (h)

Obr.27 – Vysvětlivky značení [17], [autor: Jan Mokryš]

### 3.5.7 Použití a vyhodnocení zkušebních plánů

U použití t-plánů můžeme uvést příklad, kdy sledujeme bezporuchovost obnovovaných výrobků. Předem stanovíme časový interval, např. jeden týden a během této doby pozorujeme výskyt poruch u jednotlivých výrobků, které byly zařazeny do zkoušky (např.  $n = 40$  výrobků). Jestli dojde u některého sledovaného výrobku k poruše, je u tohoto objektu zkouška přerušena a provedena oprava. Po opravě se výrobek vrací zpět do zkoušky. Tento plán můžeme zapsat:  $[n, M, t]$ , kde  $n = 40$  a  $t_0 = 7$  dní, soubor je cenzurován plánovanou dobou zkoušky  $t_0$ .

## 4. Zpracování experimentálních dat

Data byla poskytnuta v programu Microsoft Excel. Níže je uvedena ilustrace tabulky jednoho vozidla. Jedná se konkrétně o vůz Škoda Superb s veškerými záznamy.

ID/RZ	Vybavení		Zač.opravy	Kon.opravy	Servisní kód	Ozn. serv. kódu
1TH8934	111126034757	ŠKODA SUPERB	10.06.2019	10.06.2019	001	Servisní prohlídka
1TH8934	111126034757	ŠKODA SUPERB	06.06.2019	09.06.2019	003	Oprava po DN
1TH8934	111126034757	ŠKODA SUPERB	22.05.2019	05.06.2019	003	Oprava po DN
1TH8934	111126034757	ŠKODA SUPERB	08.05.2019	08.05.2019	008	Pneuservis
1TH8934	111126034757	ŠKODA SUPERB	07.05.2019	07.05.2019	008	Pneuservis
1TH8934	111126034757	ŠKODA SUPERB	31.08.2018	31.08.2018	002	Oprava běžná
1TH8934	111126034757	ŠKODA SUPERB	14.06.2018	20.06.2018	002	Oprava běžná
1TH8934	111126034757	ŠKODA SUPERB	14.04.2018	27.04.2018	003	Oprava po DN
1TH8934	111126034757	ŠKODA SUPERB	27.10.2017	27.10.2017	001	Servisní prohlídka

Poznámka	Tacho	Rok	Číslo schválení	S.n.km.SP	Částka	Dodavatel
SP dopl.ADBLU,	32 535	2019	2005	62 535	4.251,88 CZK	AUTO STYL a.s.
DN 6000023066, FOTO, odřené PZ dveře a lem blatníku PZ kola	32 535	2019	2207	30 001	26.130,14 CZK	AUTO STYL a.s.
DN 6000023065, FOTO, přední levý roh nárazníku	32 535	2019	2206	30 001	11.275,72 CZK	AUTO STYL a.s.
1x 215/55R17*W TL PREMIUM CONTACT 5 94W	31 724	2019		30 001	1.010.134,74 CZK	ContiTrade Services s.r.o.
1ks letní pneu neopravitelný defekt	31 724		3004	30 001		CTS
prokousaná hadice=>gumohryz=>následně odsouhlasena plášťka	18 728	2018	3003	30 001	837,60 CZK	Auto Strž 3H s.r.o.
DN 6000020874 - prokousaná hadice chlazení=>gumohryz	15 342	2018	3002	30 001	2.816,39 CZK	AUTO STYL a.s.
DN 6000020359+FOTO, PP dveře + klika dveří, PZ dveře + práh, PZ blatník, P pr	10 201	2018	2201	30 001	34.515,11 CZK	AUTO STYL a.s.
Q16; první 30km/2R => 15-30km/1-2R nebo bez olj 30km/1R	1		INSP	30 001		

Obr.28 – Ilustrační tabulka [18]

### 4.1 Popis zpracovaných tabulek

Všechna získaná data do diplomové práce byla dodána zástupcem Skupiny ČEZ. Data se zpracovala do několika kategorií v programu Microsoft Excel.

První kategorie byla pojmenovaná „poruchy“. Tato kategorie se dělí na tři podkategorie, a to pohonná soustava, podvozek a karosérie. Do těchto kategorií byly zaznamenány poruchy, které by se neměly vyskytnout v běžném provozu. Buď v důsledku toho, že daný prvek se dostal do stavu poruchy, ale přitom by měl být funkční po celou dobu životnosti auta (např. 12 V zásuvka) nebo se objekt opotřeboval rychleji, než se plánovalo podle provozních podmínek (např. brzdy, tlumiče).

Do podkategorie pohonná soustava patří všechny části, které souvisí s pohonem toho daného vozidla. Nachází se zde:

a) motor

b) převodové ústrojí – převodovka, diferenciál atd.

c) spojka

d) kloubové hřídele

Podkategorie podvozek obsahuje části jako:

a) brzdy

b) zavěšení

c) nápravy

d) tlumiče

Do poslední podkategorie s názvem karosérie patří poruchy:

a) laku karosérie (popřípadě koroze)

b) veškerá elektronika auta

c) spínače a tlačítka

Druhá kategorie je „převoz“. Tady patří převoz vozidel v důsledky změny jeho působíště (např. Praha → Temelín) a také zde byly zaznamenány odtahy, ať už v důsledku poruchy, dopravní nehody či jiné příhody.

Třetí kategorie má název „pneuservis“. Do této části jsou započteny všechny náklady na správu pneumatik. V ceně již jsou započteny náklady na samotné pneumatiky, výměnu pneumatik, opravy pneumatik a také na samotné jejich uskladnění.

Čtvrtá kategorie se jmenuje „schválené doplňky, mytí“. V kategorii jsou uvedeny všechny schválené doplňky, které nebyly součástí nového vozu (např. vana do kufru, střešní nosič atd.). Patří zde i základní provozní kapaliny - voda do ostřikovačů, chladící kapalina nebo např. olej na nepravidelné dolévání do motoru.

Pátá kategorie jsou opravy. Zde patří všechny servisní opravy, které nebyly provedeny v rámci servisní prohlídky. Do oprav patří věci jako výměna brzd, stěračů, doplnění provozních kapalin, pokud je uživatel neměl k dispozici ve vozidle, nebo údržba jako čištění brzd.

Šestá kategorie se jmenuje „servisní prohlídky“. Jsou to práce na vozidle, které jsou předem dané buď podle času nebo nájezdu kilometrů. V případě řešených vozidel Škoda (Škoda Superb, Škoda Kodiaq, Škoda Karoq, Škoda Rapid) se servisní prohlídky plánovaly buď po dvou letech provozu nebo po nájezdu 30 000 km. Volkswagen Golf má první servisní interval nastavený na dva roky nebo 30 000 km, další servisní intervaly už ale musí být po roce nebo 30 000 km. Záleží, co bylo dříve. Do této kategorie patří v některých případech úkony, které by normálně byly zařazeny do běžných oprav (např. výměna brzd), ale v rámci úspory času v servisu se provedly již během servisní prohlídky.

Poslední kategorie jsou „dopravní nehody“. Do této skupiny patří dopravní nehody ať už zaviněné nebo nezaviněné. Jsou zde zaznamenány náklady na náhradní vozidla, která byla poskytnuta, než bude provedena oprava havarovaného vozu.

Následující sloupce už patří dodatečným parametrům - počet ujetých kilometrů, kdy došlo k příslušné akci a stáří daného vozidla v měsících, kdy proběhla daná událost; celková cena za případnou opravu či vybavení a počet dnů, kdy vozidlo muselo být v servisu.

## 4.2 Výpočet základních parametrů

V dalším kroku bylo potřeba vypočítat počet poruch pro všechny zvolené modely vozidel. Z tabulky byla získána data pro stanovení poruch v jednotlivých kategoriích.

### 4.2.1 Statistiky Škoda Kodiaq

Celkově bylo zaznamenáno 343 událostí na všech 70 vozidlech dohromady. Z této skupiny patří 102 záznamů do poruch. 14 poruch náleželo poháněcí soustavě, 37 poruch patří podvozku a 51 poruch je v oblasti karosérie. Dále se u všech provedl součet všech servisních prohlídek. Bylo jich celkem 108. Dalším parametrem bylo sečtení všech dopravních nehod, kterých se účastnily vozy Škoda Kodiaq Skupiny ČEZ a vypočítat, kolik nehod se stane v průměru na ujetí 100 000 kilometrů. Počet nehod bylo 96.

Mezi nejčastější poruchy jsou poruchy vodního čerpadla, které je nutné vyměnit u některých vozidel už po ujetí necelých 100 000 km. Hlavní příčinou je netěsnost

samotného čerpadla. Životnost předních brzd je nižší než ve srovnání s ostatními vozy. U některých vozidel se objevil problém s elektronikou. Zejména systém SOS volání a navigace, kdy byl často problém s párováním přes mobilní telefon. Viz. příloha č.18

#### 4.2.2 Statistiky Škoda Superb

V záznamech bylo uvedeno 923 událostí na všech 132 vozidlech. Z toho 275 bylo vedeno jako porucha. 24 poruch se týkalo poháněcí soustavy, 104 poruch patřilo podvozku a 147 poruch je v sekci karosérie. Opět se u všech automobilů provedl součet servisních prohlídek. Bylo jich celkem 282. Počet dopravních nehod, kterých se účastnily vozy Škoda Superb, bylo nakonec 242.

U Škody Superb se očekávala lepší spolehlivost a vyšší kvalita použitých materiálů ve srovnání s ostatními vozy. Pravda je ovšem jiná. Stejně jako v případě Kodiaqu i zde se setkáváme s problémy vodního čerpadla. U některých vozidel byla zjištěna i nadměrná spotřeba oleje (u jednoho vozidla se musel neplánovaně dolévat 1l oleje 11x během prvních cca 100 000 km). V případě brzd je zajímavé, že se rychleji opotřebovávají zadní brzdy, na rozdíl od všech ostatních vozidel, kde naopak dochází k výměně nejdříve předních brzd. I v interiéru jsou velké nedostatky. Nejčastější je problém s 12V zásuvkami, USB konektory a se startovacími tlačítky. S elektronikou všeobecně jsou problémy. U několika vozidel se musela měnit svorkovnice. Viz. příloha č.18

#### 4.2.3 Statistiky Škoda Rapid

Vzhledem k nižšímu počtu vozidel bylo zde uvedeno i méně záznamů o údržbě. Celkově jich bylo 60 ze všech 19 vozidel. Z tohoto počtu záznamů bylo 13 vedeno jako porucha. 2 poruchy se týkaly poháněcí soustavy a 11 poruch se týkalo karosérie. U podvozkové části nebyla žádná porucha. Vozidla byla v servise kvůli prohlídce celkem 21krát a 20krát se vozy Škoda Rapid účastnily dopravní nehody.

Nejmenší vozidlo od Škody Auto se dá označit za relativně spolehlivé vozidlo. Jsou zde problémy s ostřikovači a akumulátory mají také nižší životnost. Ovšem jinak jsou vozidla bezproblémová. Viz. příloha č.18

#### 4.2.4 Statistiky Škoda Karoq

Počet vozidel je v tomto případě stejný jako u modelu Rapid. Počet záznamů je však o něco menší, konkrétně 48. Celkově měly vozy Škoda Karoq 8 poruch. 2 u pohonné soustavy a 6 u části karosérie. Na podvozkové části nebyla opět nalezena žádná závada. Počet servisních prohlídek bylo provedeno 12. Dopravních nehod bylo zaznamenáno 16.

Další model od Škody Auto je také spolehlivý. Stejně jako u modelu Rapid je i zde pouze problém s akumulátory a některá vozidla měla zanesené vývody USB konektorů. Viz. příloha č.18

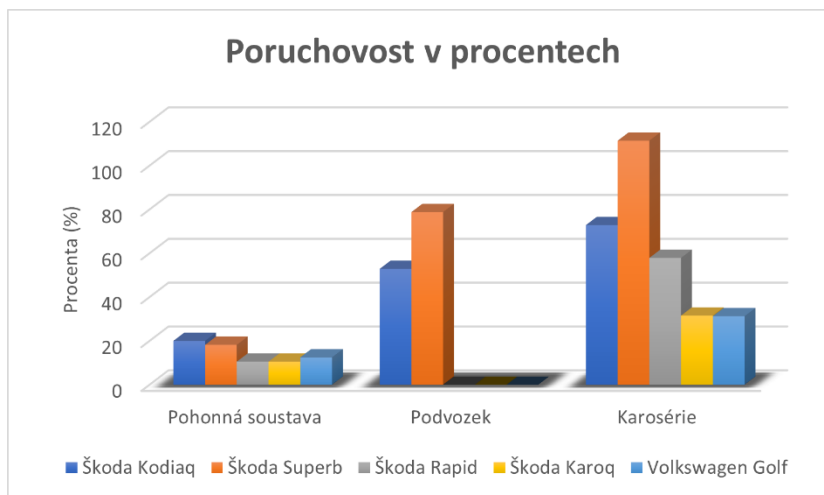
#### 4.2.5 Statistiky Volkswagen Golf

Jediný model, který zastupuje německou automobilku Volkswagen, měl celkově 122 záznamů u 32 vozidel. Z toho 14 bylo poruch. 4 na pohonné soustavě a 10 na části karosérie. Stejně jako v případě vozů Škoda Rapid a Škoda Karoq nebyla nalezena závada u podvozkové části vozidel. Servisních prohlídek bylo provedeno 24. Volkswagen Golf byl součástí 18 dopravních nehod.

Volkswagen e-Golf je také spolehlivý vůz. U jednoho vozu však musela být měněna hlavní poháněcí baterie, a to ani ne po ujetí 15 000 km. Další vozidlo mělo problémy se standardní 12V baterií. Až na těchto několik poruch můžeme říct, že elektromobily od Volkswagenu jsou spolehlivé, s výjimkou jediného hybridního vozu, který měl větší závady, a to, že po cca 30 000 km se u něj musela měnit převodovka a oběhové čerpadlo. O 20 000 km později se navíc musely předčasně vyměnit zapalovací svíčky. Viz. příloha č.18

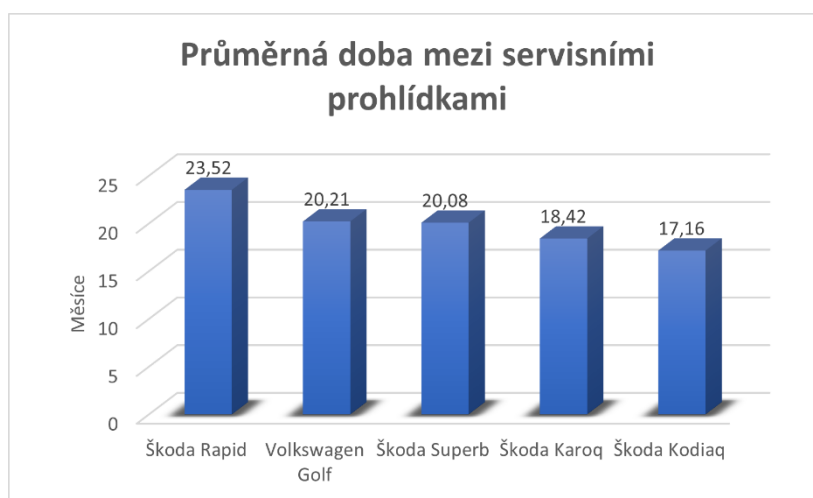


Graf poruchovost v procentech zobrazuje, kolik procent vozidel mělo poruchu v té dané technické části. U vozu Škoda Superb je poruchovost technické části karosérie tak vysoká, že na jedno vozidlo připadá více než jedna porucha. Tabulka od tohoto grafu je v příloze č.19



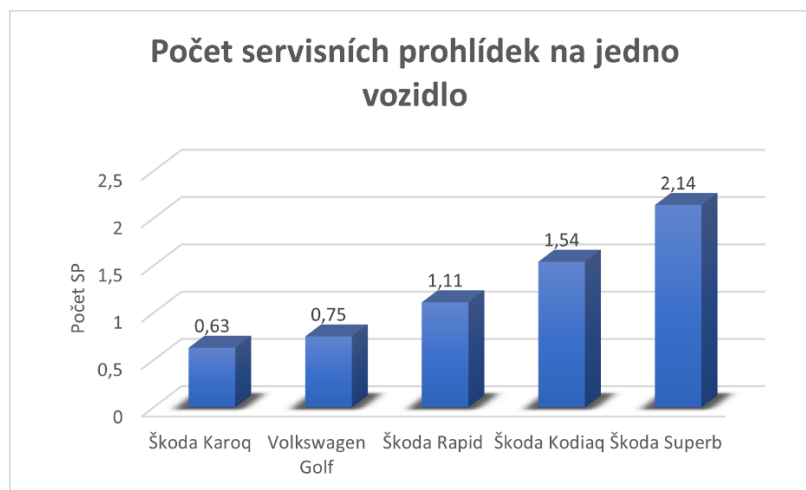
Obr.29 – Graf poruchovosti jednotlivých skupin v procentech [autor: Jan Mokryš]

Graf níže zobrazuje průměrnou dobu v měsících mezi jednotlivými servisními prohlídkami vozidel. Nejdelší servisní intervaly má podle dat Škoda Rapid, kterou následují vozy Volkswagen Golf, Škoda Superb a Škoda Karoq. Nejčastější servisní prohlídky se dělají na vozech Škoda Kodiah. Graf byl vytvořen pomocí tabulky, která je v příloze č.6



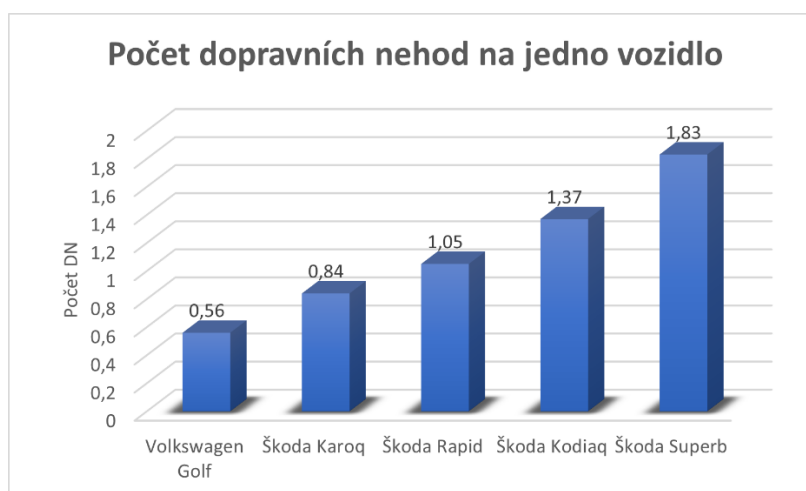
Obr.30 – Graf průměrné doby mezi servisními prohlídkami [autor: Jan Mokryš]

Počet servisních prohlídek na jedno vozidlo ukazuje, kolik bylo provedeno pravidelných servisních údržeb na jedno vozidlo u každého modelu po dobu dosavadního užívání vozidla. Nejméně prohlídek na jedno vozidlo bylo provedeno u vozů Škoda Karoq. Volkswagen Golf a Škoda Rapid jsou ve středu statistiky. Nejvíce prohlídek se muselo provést u vozidel Škoda Kodiaq a Škoda Superb. Je to dáno větším provozem než u ostatních modelů. Tabulka je v příloze č.3



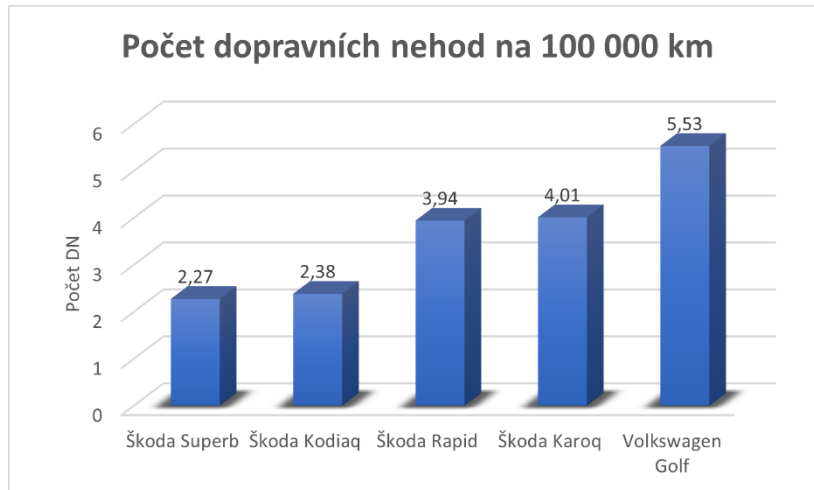
Obr.31 – Graf počtu servisních prohlídek na jedno vozidlo [autor: Jan Mokryš]

Počet dopravních nehod na jedno vozidlo udává, kolik nehod způsobí nebo se zúčastní jedno vozidlo každého modelu po dobu provozování vozidla. Nejméně nehod se účastní vozidla Volkswagen Golf. Modely Karoq, Rapid a Kodiaq jsou uprostřed. Nejčastějším účastníkem dopravních nehod je vozidlo Škoda Superb, ale je také nejpoužívanějším. Tabulka je v příloze č.4



Obr.32 – Graf počtu dopravních nehod na jedno vozidlo [autor: Jan Mokryš]

Graf zobrazuje poměr mezi počtem nehod a ujetou vzdáleností u každého modelu vozidla. Z tohoto grafu vyplývá, že Škoda Superb, ačkoliv se účastnila největšího počtu nehod, tak v závislosti na ujetou dráhu měla nejméně nehod. Totéž platí i pro vozy Škoda Kodiaq. Nejvíce nehod v porovnání s ujetou vzdáleností měla vozidla Volkswagen Golf. Tabulka od grafu je v příloze č.5



Obr.33 – Graf počtu dopravních nehod na 100 000 km [autor: Jan Mokryš]

#### 4.3 Výpočet spolehlivostních parametrů

Mezi řešené parametry patří:

- a) Střední doba mezi poruchami
- b) Střední ujetá dráha mezi poruchami
- c) Střední prostoj v údržbě
- d) Střední doba mezi dopravními nehodami
- e) Střední ujetá dráha mezi dopravními nehodami
- f) Střední doba do poruchy pohonné soustavy
- g) Střední doba do poruchy podvozku
- h) Střední doba do poruchy karosérie
- i) Střední náklady za dopravní nehodu
- j) Střední náklady za údržbu vozidla

#### 4.3.1 Střední doba mezi poruchami

Nejprve jsme vypočítali akumulovaný čas  $T_{aku}$ . Je to celková doba provozu  $T_C$  všech vozidel dohromady, od které se musí odečíst doba, po kterou vozidla musela být v údržbě  $T_M$ . Viz. dále zdroj [16]

$$T_{aku} = T_C - T_M \quad (4.1)$$

V dalším kroku stanovíme počet stupňů volnosti  $v$ . K tomuto výpočtu potřebujeme celkový počet poruch všech vozidel  $R$ .

$$v = 2 \times (R + 1) \quad (4.2)$$

Posledním krokem je samotný výpočet střední doby mezi poruchami  $T_S$ . K tomuto výpočtu potřebujeme funkci v excelu s názvem CHISQ.INV(), kde dosadíme za pravděpodobnost neboli konfidenční úroveň hodnotu 0,9 (chceme dolní mez) a hodnotu stupně volnosti  $v$ .

$$T_S \geq \frac{2 \times T_{aku}}{\chi^2_{C,v}} \quad (4.3)$$

##### 4.3.1.1 Příklad výpočtu pro vůz Škoda Kodiaq

Nejprve výpočet akumulovaného času.

$$T_{aku} = T_C - T_M \quad (4.1)$$

$$T_{aku} = 1\,223\,280 - 18\,984 = 1\,204\,296 \text{ h}$$

Výpočet počtu stupňů volnosti.

$$v = 2 \times (R + 1) \quad (4.2)$$

$$v = 2 \times (102 + 1) = 206$$

Střední doba mezi poruchami.

$$T_S \geq \frac{2 \times T_{aku}}{\chi^2_{C,v}} \quad (4.3)$$

$$T_S \geq \frac{2 \times 1\,204\,296}{\chi^2_{0,9;206}} = 10\,364 \text{ h}$$

#### 4.3.2 Střední ujetá dráha mezi poruchami

U tohoto výpočtu se postupuje podobně jako při výpočtu střední doby mezi poruchami, jen s tím rozdílem, že  $T_{aku}$  zde představuje celkový nájezd kilometrů všech vozidel. Další postup výpočtů je analogický s předchozím výpočtem.

#### 4.3.3 Střední prostoj v údržbě

Tento výpočet je zaměřen na střední prostoj vozidla v údržbě, to znamená, kolik času v průměru je vozidlo v servisu.  $T_{aku}$  v tomto případě představuje celkovou dobu všech vozidel jednoho modelu v servisu. Tato doba zahrnuje jak pravidelné servisní prohlídky, tak i záruční opravy a opravy v souvislosti s dopravními nehodami.

Dále musíme spočítat počet stupňů volnosti  $v$ . Zde pro uskutečnění výpočtu potřebujeme zjistit počet provedených servisních oprav všech vozidel dohromady. Hodnota  $R$  je tedy počet návštěv v servisu. Vzorec je stejný jako v případě výpočtu střední doby mezi poruchami.

Jako poslední opět vypočítáme konečnou hodnotu  $T_P$ . Znovu použijeme funkci v excelu CHISQ.INV(), tentokrát ovšem s dosazením konfidenční úrovně 0,1. Chceme zjistit horní mez této hodnoty.

$$T_P \leq \frac{2 \times T_{aku}}{\chi^2_{C,v}} \quad (4.4)$$

#### 4.3.4 Střední doba mezi dopravními nehodami

Při výpočtu akumulovaného času postupujeme totožně jako u střední doby mezi poruchami. Zjistíme celkovou dobu vozidel v provozu a odečteme od této hodnoty dobu, po kterou vozidla byla v servisním středisku.

Vzorec pro zjištění stupňů volnosti je stejný, ovšem místo poruch dosadíme za  $R$  počet dopravních nehod.

Pro získání výsledků střední doby mezi dopravními nehodami použijeme funkci excelu CHISQ.INV(). Výpočet je ovšem složitější, protože chceme zjistit intervalový odhad. Vypočítáme obě hodnoty, tedy jak horní, tak dolní mez. Díky tomu budeme vědět, že 90 procent dopravních nehod se stane v tomto intervalu.

$$T_{DN} \geq \frac{2 \times T_{aku}}{\chi^2_{0,95;v}} \rightarrow \text{dolní mez} \quad (4.5)$$

$$T_{DN} \leq \frac{2 \times T_{aku}}{\chi^2_{0,05;v}} \rightarrow \text{horní mez} \quad (4.6)$$

#### 4.3.5 Střední ujetá dráha mezi dopravními nehodami

Při výpočtu akumulovaného času postupujeme stejně jako v předchozím případě, pouze nezjistíme celkový čas v provozu, ale celkový počet najetých kilometrů. Další kroky ve výpočtu jsou zcela totožné.

#### 4.3.6 Střední doba do poruchy vybraných konstrukčních skupin

Postupujeme stejně jako u výpočtu střední doby mezi poruchami. Použije se dolní mez.

#### 4.3.7 Střední náklady za dopravní nehodu a údržbu

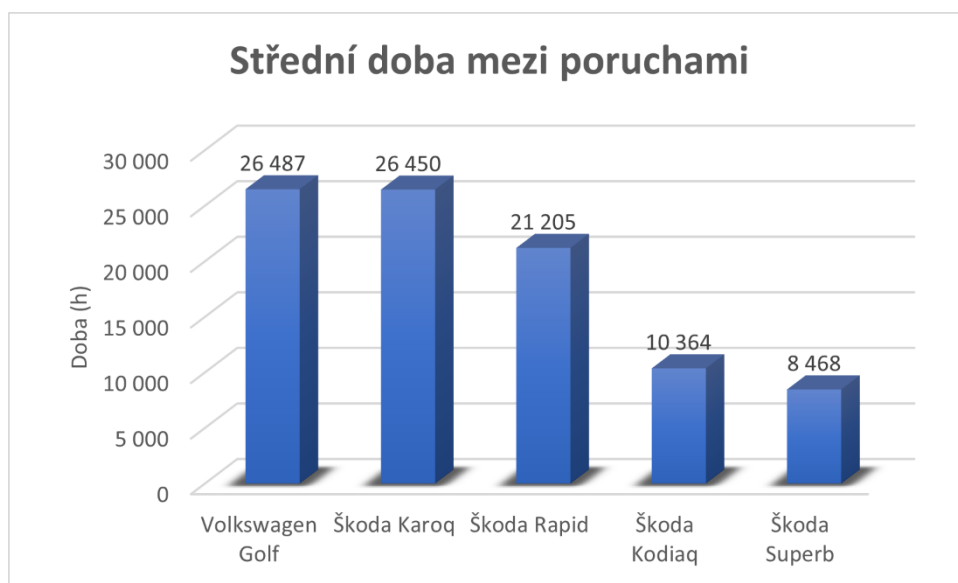
Postupujeme stejně jako u výpočtu střední doby mezi dopravními nehodami. Použijeme intervalový odhad.

## 5. Hodnocení dosažené úrovně spolehlivosti a nákladů na údržbu

Kapitola porovnává dosažené výsledky mezi jednotlivými modely vozidel. Jedná se o celkem deset různých kategorií.

### 5.1 Porovnání doby mezi poruchami

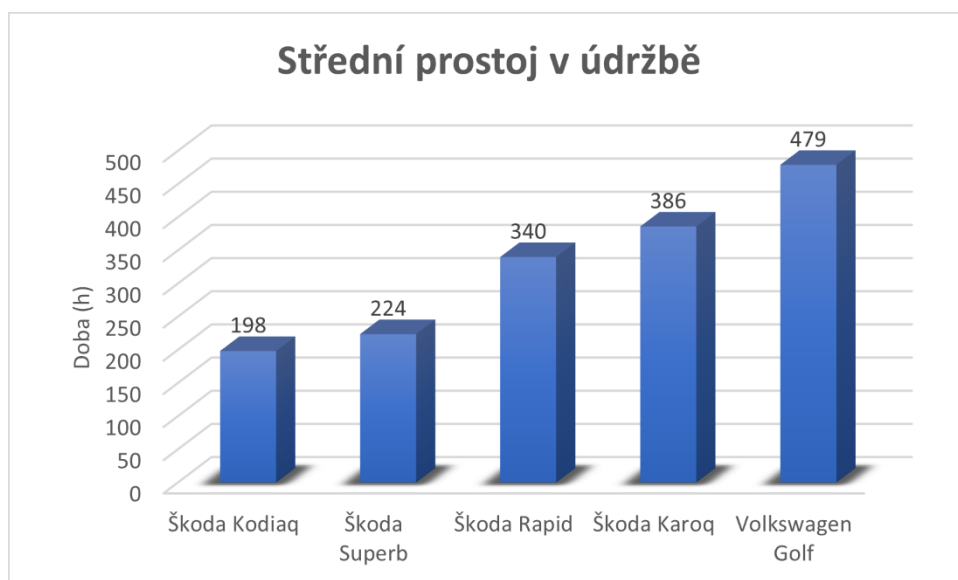
Střední doba mezi poruchami je čas, který uplynul v průměru mezi jednotlivými poruchami automobilu. Nejlépe dopadl Volkswagen Golf. Podle tohoto kritéria můžeme vidět, že spolehlivost elektromobilů je velmi dobrá, ačkoliv i Škoda Karoq má skvělé výsledky. Ve středu statistiky je vůz Škoda Rapid, který je pořád v kategorii +20 000h. Naopak nejdražší vozidla dopadla nejhůře. Škoda Kodiaq má předposlední místo, poslední místo patří vozu Škoda Superb. Musíme však brát v úvahu, že Škoda Superb a Škoda Kodiaq najezdí mnohem více kilometrů než předchozí vozidla. Data jsou v příloze č.7.



Obr.34 – Graf střední doba mezi poruchami [autor: Jan Mokryš]

## 5.2 Porovnání prostoje v údržbě

Prostoj v údržbě zobrazuje, kolik času v průměru byla vozidla v údržbě, a to ať už se jedná o běžnou servisní prohlídku, záruční opravy nebo opravu v souvislosti s dopravní nehodou. Nejméně času v údržbě byla Škoda Kodiaq a Škoda Superb. O něco hůře jsou na tom modely Škoda Rapid a Škoda Karoq. Nejvíce času v údržbě bylo vozidlo Volkswagen Golf. V tomto případě je ovšem nutné říct, že asi třetina všech Volkswagenů Golf byla v údržbě kvůli dodatečné instalaci zadních parkovacích senzorů. Data jsou v příloze č.17.

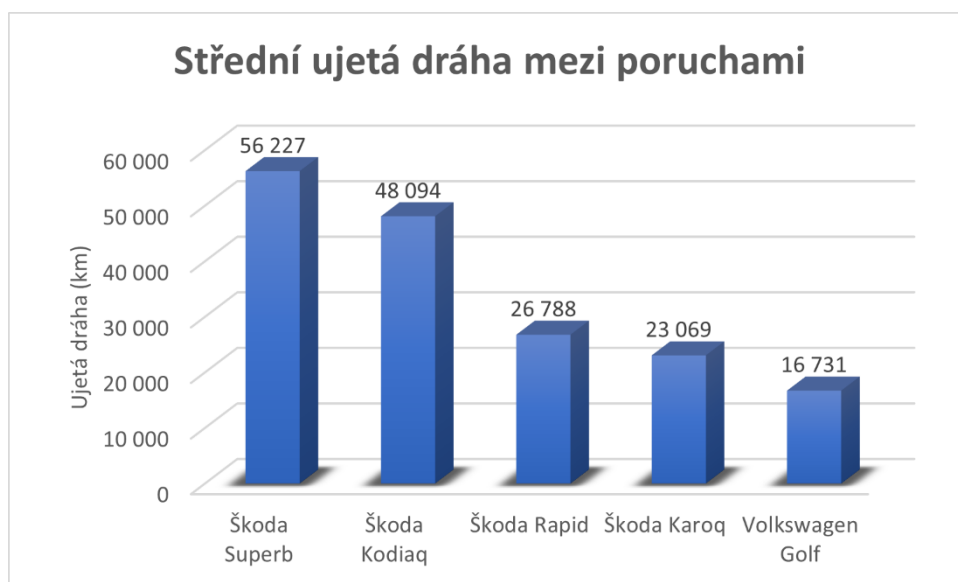


Obr.35 – Graf střední prostoje v údržbě [autor: Jan Mokryš]



### 5.3 Porovnání ujeté dráhy mezi poruchami

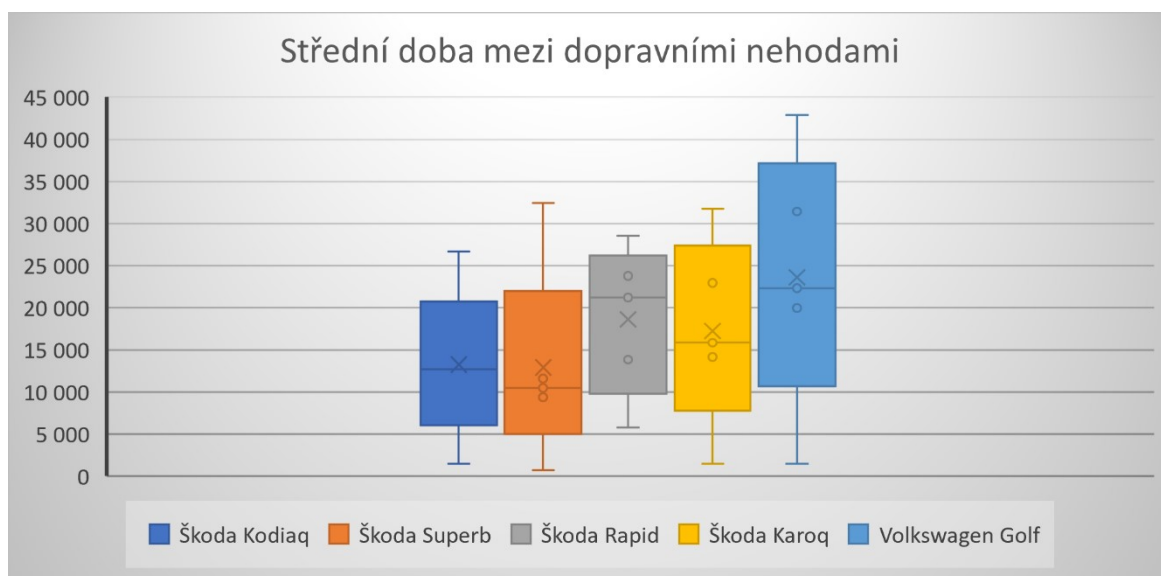
Střední ujetá vzdálenost je vyjádřena v kilometrech a ukazuje nám, kolik vozidlo v průměru ujede mezi poruchami. I když nejvíce poruch bylo na vozidlech Škoda Superb, přesto dopadlo v této statistice nejlépe. Následuje model Kodiah, který není o moc horší než nejlepší Škoda Superb. Hůře jsou na tom modely Škoda Rapid a Škoda Karoq. Vůbec nejhorší je v tomto směru Volkswagen Golf. Přece jen dobíjení baterií znamená, že vozidla nenajezdí tolik kilometrů jako auta s konvenčními motory. Data jsou v příloze č.8.



Obr.36 – Graf střední ujetá dráha mezi poruchami [autor: Jan Mokryš]

## 5.4 Porovnání doby mezi dopravními nehodami

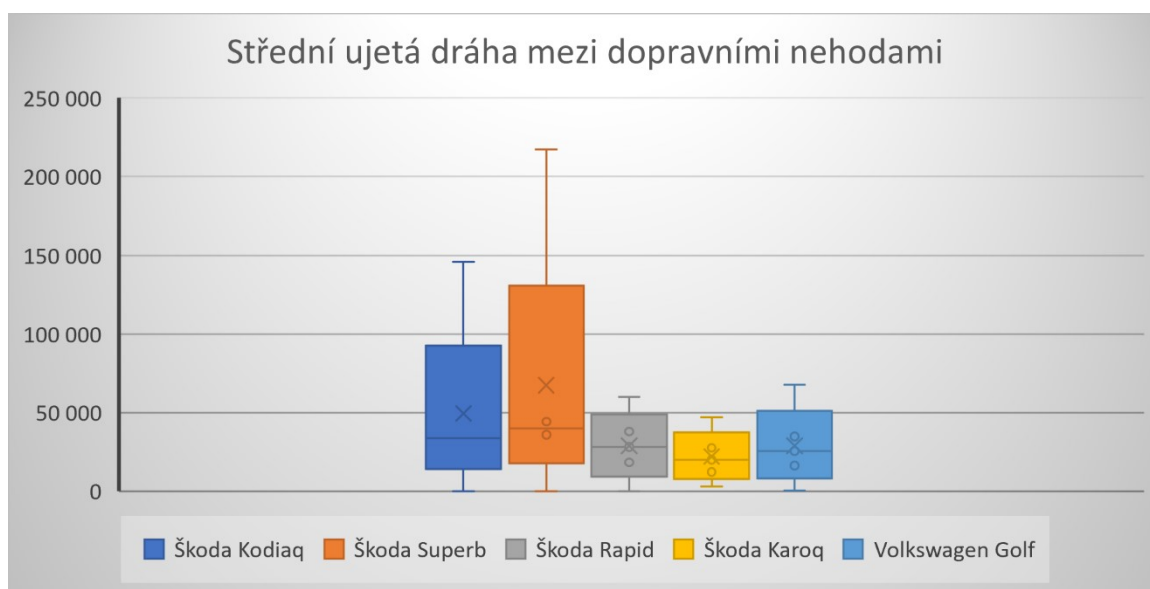
V této statistice byl použit intervalový odhad. Konfidenční úroveň byla stanovena na hodnotu 0,9. To znamená, že 90 procent měřeného parametru se stane ve vypočítaném intervalu. Tento interval se zadá do speciálního grafu, kterému se říká krabicový (podle excelu). Samotná střední doba mezi dopravními nehodami nám udává, v jakém rozmezí se stane většina (90 procent) dopravních nehod. Všechny čtyři modely od Škody auto dopadly v tomto směru velmi podobně. Volkswagen Golf má sice tuto dobu nejvíce rozptýlenou podle grafu, ale přece jen až v horní části grafu. Data jsou v příloze č.16.



Obr.37 – Graf střední doba mezi dopravními nehodami [autor: Jan Mokryš]

## 5.5 Porovnání ujeté dráhy mezi dopravními nehodami

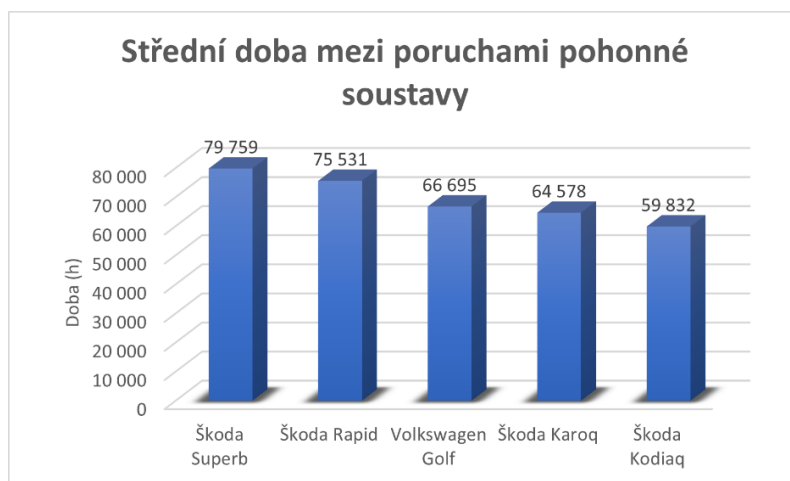
Krabicový graf nám v tomto případě zobrazuje ujetou dráhu v kilometrech mezi dopravními nehodami. Nejlépe je na tom Škoda Superb. Na druhém místě je SUV Škoda Kodiaq. Ostatní vozy (Škoda Rapid, Škoda Karoq, Volkswagen Golf) si vedly velice podobně. Na grafu níže můžeme vidět, že ačkoliv vozy Škoda Kodiaq a Škoda Superb se zúčastní více nehod, najedou v průměru mnohem více kilometrů mezi těmito incidenty. Data jsou v příloze č.16.



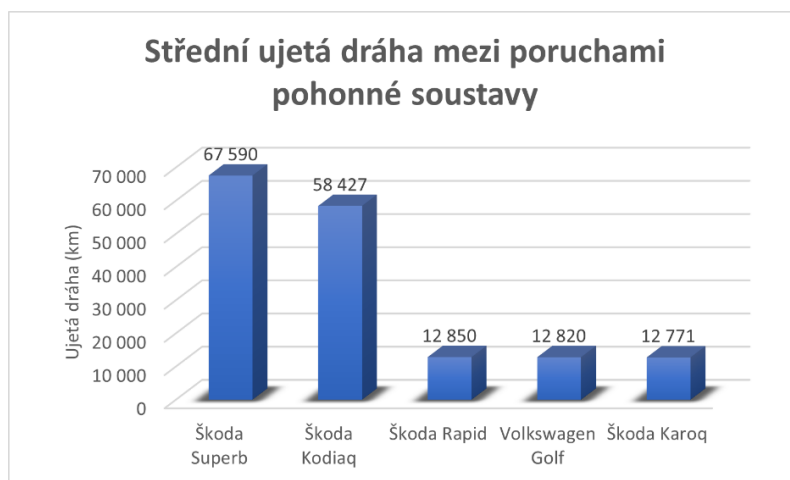
Obr.38 – Graf střední ujetá dráha mezi dopravními nehodami [autor: Jan Mokryš]

## 5.6 Porovnání doby a ujeté dráhy mezi poruchami pohonné soustavy

Tento graf nám ukazuje, za jak dlouhou dobu, respektive po ujetí dráhy, se v průměru na vozidlech stane porucha, která se týká pohonné soustavy. Výsledky z tohoto výpočtu byly docela vyrovnané, co se týče doby mezi poruchami. Můžeme si to následně rozdělit do tří skupin. V první skupině, která si vedla nejlépe, jsou vozy Škoda Superb a Škoda Rapid. Ve druhé skupině, která byla o trochu horší, jsou vozy Škoda Karoq a Volkswagen Golf. Poslední skupinou je vozidlo Škoda Kodiaq, které bylo ze všech nejhorší. Nejdelší vzdálenost mezi jednotlivými poruchami pohonné soustavy ujedou vozy Škoda Superb a Škoda Kodiaq. Ostatní vozidla už jsou na tom hůře. Je to dáno tím, že modely Superb a Kodiaq najezdí mnohem více kilometrů než ostatní vozidla. Data jsou v příloze č.9,10.



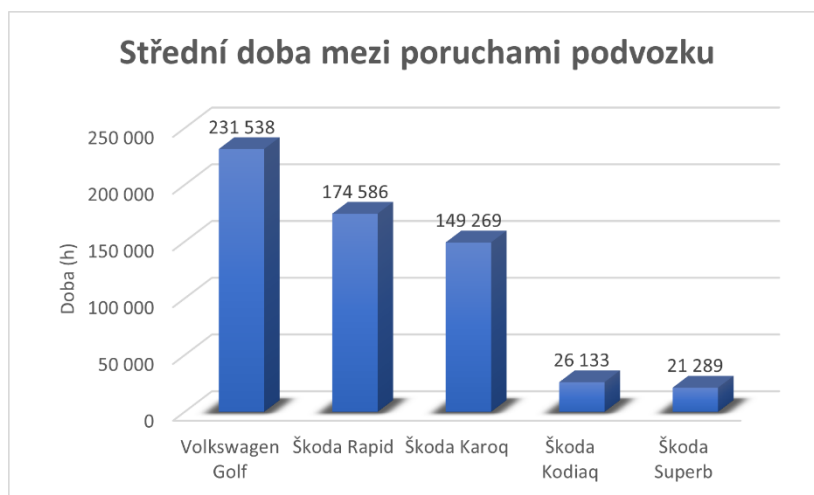
Obr.39 – Graf střední doba mezi poruchami pohonné soustavy [autor: Jan Mokryš]



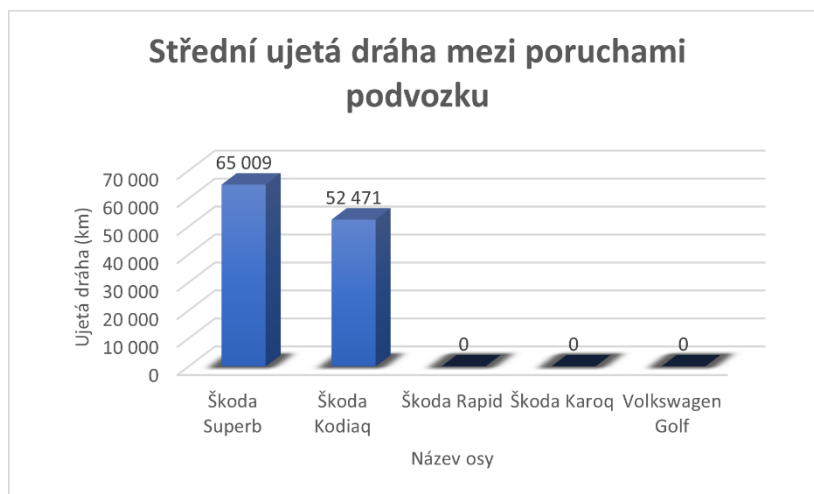
Obr.40 – Graf střední ujetá dráha mezi poruchami pohonné soustavy [autor: Jan Mokryš]

## 5.7 Porovnání doby a ujeté dráhy mezi poruchami podvozku

Další oblastí je střední doba a ujetá dráha mezi poruchami podvozku. Zde můžeme vidět, za jak dlouho a po jak velké ujeté vzdálenosti se stane porucha na podvozkové části vozidla. Úplně nejhůře jsou na tom vozy Škoda Kodiaq a Škoda Superb. Ve středu statistiky je Škoda Karoq. Na druhém místě je Škoda Rapid. Nejlepším je v tomto ohledu vozidlo Volkswagen Golf. Důvod, proč je takový rozdíl mezi dvojicí vozidel (Škoda Kodiaq, Škoda Superb) a trojicí vozidel (Škoda Rapid, Škoda Karoq, Volkswagen Golf) je ten, že u zmíněné trojice nebyla na podvozkové části nalezena žádná porucha. A to stejné se dá říct o ujeté vzdálenosti mezi poruchami podvozku. Data jsou v příloze č.11,12.



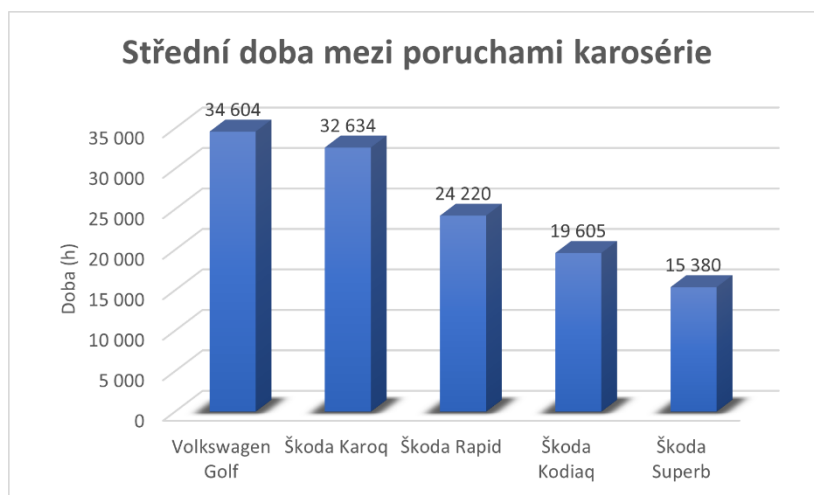
Obr.41 – Graf střední doba mezi poruchami podvozku [autor: Jan Mokryš]



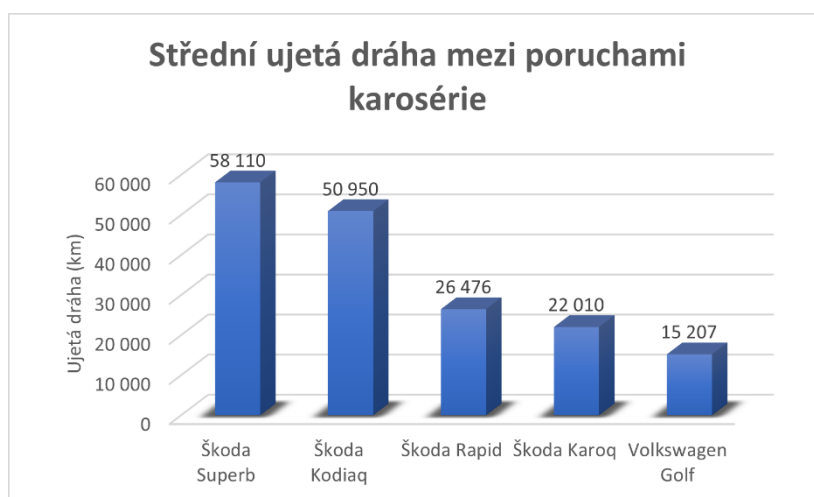
Obr.42 – Graf střední ujetá dráha mezi poruchami podvozku [autor: Jan Mokryš]

## 5.8 Porovnání doby a ujeté dráhy mezi poruchami karosérie

Do skupiny karosérie patří jak exteriér vozidla - lak a koroze, tak i interiér vozidla. Nejlépe, co se týče doby mezi poruchami, si vedl Volkswagen Golf, který byl jen o něco málo lepší, než druhý v pořadí Škoda Karoq. Ve středu jak grafu, tak statisticky je Škoda Rapid. Na předposledním místě je Škoda Kodiaq. Překvapením bylo, že vozidlo, kde by měla být vysoká kvalita na prvním místě, dopadlo ze všech nejhůře. Jedná se o vůz Škoda Superb. U ujeté dráhy je to však naopak. Zde jsou opět nejlepší modely Superb a Kodiaq. Ostatní vozidla mají poruchy po kratší ujeté vzdálenosti. Je to způsobeno nižšími nájezdy vozidel Rapid, Kodiaq a Golf. Data jsou v příloze č.13, 14.



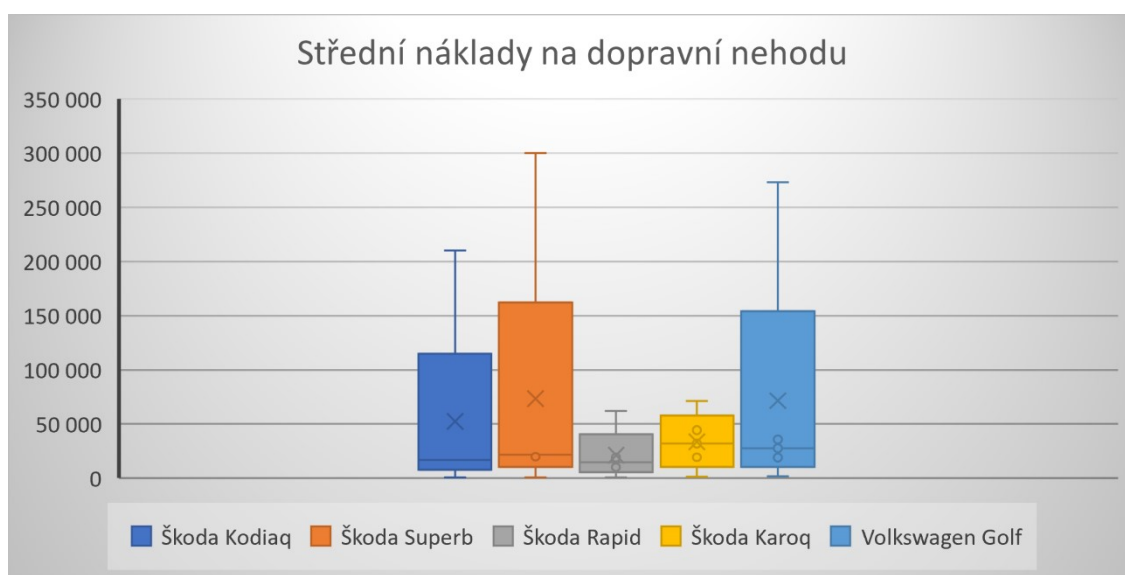
Obr.43 – Graf střední doba mezi poruchami karosérie [autor: Jan Mokryš]



Obr.44 – Graf střední ujetá dráha mezi poruchami karosérie [autor: Jan Mokryš]

## 5.9 Porovnání nákladů na dopravní nehodu

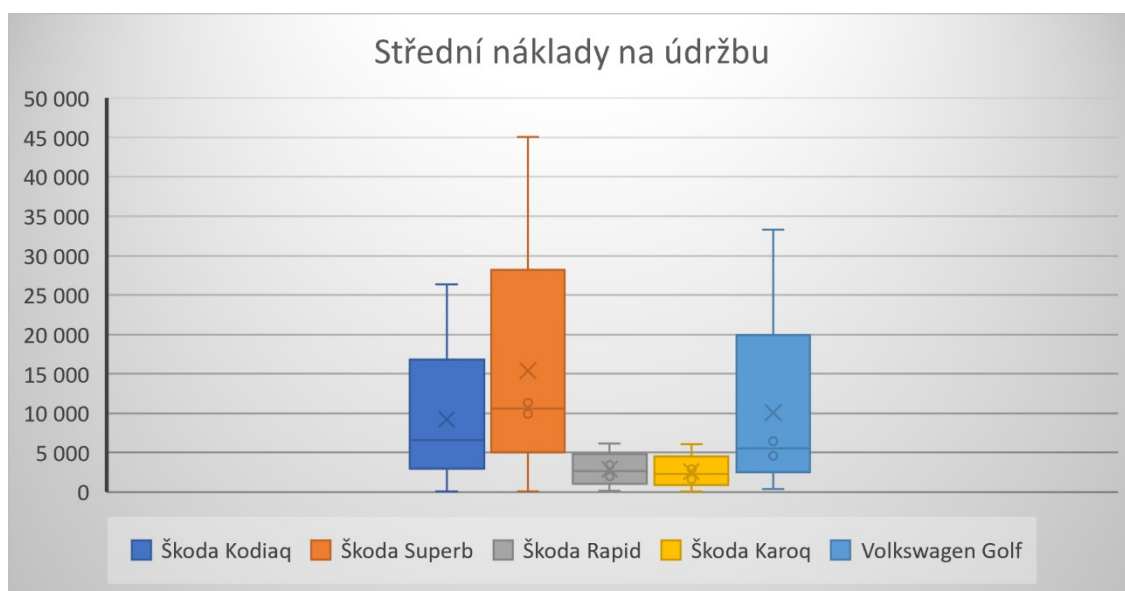
Tato hodnota byla počítána intervalovým odhadem s konfidenční úrovní 0,9. To znamená, že 90 procent cen za opravy po dopravní nehodě leží v příslušném intervalu. Můžeme vidět, že nejmenší ceny za opravu po dopravní nehodě jsou na vozech Škoda Rapid a Škoda Karoq. Přibližně uprostřed je vůz Škoda Kodíaq. Nejdražší jsou opravy u Volkswagenu Golf a Škody Superb. Vyšší náklady modelů Superb, Golf a Octavia jsou dány tím, že mají v přední části hodně senzorů, ať už kvůli parkování, tempomatu nebo předkolizních systémů. Data jsou v příloze č.16.



Obr.45 – Graf střední náklady na dopravní nehodu [autor: Jan Mokryš]

## 5.10 Porovnání nákladů na údržbu

Stejně jako v předchozím případě i zde byl použit intervalový odhad. Nejnižší náklady na údržbu jsou opět na vozidlech Škoda Rapid a Škoda Karoq. Škoda Kodiah je někde uprostřed. Druhé nejvíce nákladné vozidlo je Volkswagen Golf. V případě elektromobilu je to překvapivé, poněvadž se očekávaly nižší provozní náklady. Částečně je to tím, že později mají elektromobily častější servisní prohlídky. Na první servisní prohlídku se jezdí po dvou letech provozu, následující servisní prohlídky jsou každý rok. Úplně nejdražší vozidlo na údržbu je Škoda Superb. V tomto případě to není až tak překvapivé, neboť se jedná o velké auto s prémiovou výbavou. Data jsou v příloze č.16.



Obr.46 – Graf střední náklady na údržbu [autor: Jan Mokryš]



## 6. Závěr

Hlavním předmětem této práce bylo stanovit provozní spolehlivost a celkové náklady na provoz vybraných modelů vozidel Skupiny ČEZ. Jednalo se o vozy tovární značky Škoda, konkrétně o modely Kodiaq, Superb, Rapid, Karoq a vozidla Volkswagen Golf. Naprostá většina vozů je provozována v rámci České republiky. Z dat je patrné, že vozy Škoda Superb a Škoda Kodiaq najedou nejvíce kilometrů, což se bohužel projevuje na vyšší poruchovosti těchto vozidel. Ostatní modely (Škoda Rapid, Škoda Karoq, Volkswagen Golf) mají kilometrové nájezdy menší. U elektromobilů značky Volkswagen Golf je to vzhledem k omezenému dojezdu a delšímu času získání opětovné energie na jízdu (nabíjení ve srovnání s tankováním paliva) a také menším množstvím, kde vozidlo dobít, pochopitelné.

Data Skupiny ČEZ byla po dohodě předána v programu Microsoft Excel. Ve stejném programu byla data i zpracována a vyhodnocena.

Kdybychom chtěli práci shrnout a určit, které vozidlo je spolehlivější a které ne, bylo by to nejednoznačné. Podle zpracovaných dat můžeme vidět, že u některých vozidel (Škoda Kodiaq, Škoda Superb) dochází k poruchám častěji než u ostatních modelů. Na druhou stranu je ovšem nutné říct, že podle ujetých kilometrů je to přesně naopak. S jistotou pak můžeme potvrdit, že vážnější a nákladnější poruchy byly na vozidlech Škoda Kodiaq a Škoda Superb.

U dopravních nehod je situace stejná jako ve spolehlivosti. Častěji se nehod účastní modely Superb a Kodiaq, pokud bereme v úvahu dobu provozu. Podle ujeté vzdálenosti je nejčastěji havarovaným vozidlem Volkswagen Golf.

Náklady na údržbu má nejvyšší Škoda Superb, z důvodů nákladnějších servisních prohlídek, dopravních nehodám a lepší výbavě (prémiové pneumatiky, elektronika atd.). Následují vozy Škoda Kodiaq a Volkswagen Golf. U elektromobilu překvapí docela vysoká částka za údržbu, která je ovšem částečně daná tím, že vozidla mají v pozdější fázi zkrácené servisní intervaly (místo 2 let se jezdí na servisní prohlídku každý rok). Nejméně nákladnými vozy jsou modely Rapid a Karoq.

Ze získaných dat lze Skupině ČEZ doporučit minimálně tyto úkony. Nainstalování ultrazvukového plašiče na zamezení škod po prvním incidentu s hlodavcem. Při zpracování dat bylo patrné, že nainstalování plašiče proběhne „jen“ v 75 procentech případů a následná oprava je většinou dražší než samotné zařízení. Dále stojí za uvážení u automobilů, které mají malý kilometrový nájezd a nejezdí do horských oblastí použít celoroční pneumatiky. Částka za přezutí a uskladnění pneumatik v sítích BestDrive není zrovna nízká.

## 7. Seznam použité literatury

- [1] *Google: Škoda Kodiaq* [online]. 2021 [cit. 2021-02-23]. Dostupné z: [škoda kodiaq – Vyhledávání Google](#)
- [2] *Google: Škoda Superb* [online]. 2021 [cit. 2021-02-23]. Dostupné z: [škoda superb kombi – Vyhledávání Google](#)
- [3] *Google: Škoda Rapid* [online]. 2021 [cit. 2021-02-23]. Dostupné z: [škoda rapid – Vyhledávání Google](#)
- [4] *Google: Škoda Karoq* [online]. 2021 [cit. 2021-02-23]. Dostupné z: [škoda karoo – Vyhledávání Google](#)
- [5] *Google: Volkswagen Golf* [online]. 2021 [cit. 2021-02-23]. Dostupné z: [volkswagen egolf – Vyhledávání Google](#)
- [6] *Škoda auto: Škoda Kodiaq* [online]. 2021 [cit. 2021-02-23]. Dostupné z: [154e27e5-c319-48ec-a209-665f4eecb597 \(skoda-auto.cz\)](#)
- [7] *Škoda auto: Škoda Superb* [online]. 2021 [cit. 2021-02-23]. Dostupné z: [183f20c3-6fb0-458f-b8ff-afeb8a6e2c1e \(skoda-auto.cz\)](#)
- [8] *Auto: Škoda Rapid* [online]. 2021 [cit. 2021-02-23]. Dostupné z: [Škoda Rapid Spaceback 1.0 TSI 81 kW – Jak málo stačí | auto.cz](#)
- [9] *Auto: Škoda Rapid* [online]. 2021 [cit. 2021-02-23]. Dostupné z: [Škoda Rapid Spaceback: Vše, co potřebujete vědět \(+video\) | auto.cz](#)
- [10] *Google: Škoda Karoq* [online]. 2021 [cit. 2021-02-23]. Dostupné z: [8dd5734e-3c3d-47e5-8598-621d7afac0ad \(skoda-auto.cz\)](#)
- [11] *EV database: Volkswagen e-Golf* [online]. 2021 [cit. 2021-02-23]. Dostupné z: [Volkswagen e-Golf \(2017-2021\) price and specifications - EV Database \(ev-database.org\)](#)
- [12] *fDrive: Volkswagen Golf eHybrid* [online]. 2021 [cit. 2021-02-23]. Dostupné z: [Test Volkswagen Golf eHybrid, úspornější verze plug-in hybridu – První jízdní dojmy z Německa | fDrive.cz](#)
- [13] *Auto Moto und Sport: Volkswagen Golf eHybrid* [online]. 2021 [cit. 2021-02-23]. Dostupné z: [Golf eHybrid und Golf GTE im Fahrbericht \(Technische Daten\) - AUTO MOTOR UND SPORT \(auto-motor-und-sport.de\)](#)
- [14] *Wikipedia: Společnost ČEZ* [online]. 2021 [cit. 2020-12-02]. Dostupné z: [ČEZ – Wikipedie \(wikipedia.org\)](#)
- [15] *Famfulík, J. a kol. Zkoušky spolehlivosti. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2010. ISBN 978-80-248-2277-8*
- [16] *Famfulík, J. Teorie údržby. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2006. ISBN 80-248-1029-8*

[17] *Famfulík, J. a kol. Spolehlivost pozemní dopravy. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2017. Dostupné na: <http://www.vvvd.cz/m11-spolehlivost-pozemni-dopravy-26.html>*

[18] *Podklady Skupiny ČEZ*

## 8. Seznam obrázků

Obr.1 – Schéma jednotlivých značek osobních automobilů M1

Obr.2 – Ilustrační obrázek vozidla Skupiny ČEZ

Obr.3 – Procentuální zastoupení vybraných modelů

Obr.4 – Graf stáří vozidel v měsících

Obr.5 – Tabulka technické parametry Škoda Kodiaq

Obr.6 – Graf rok a měsíc výroby Škoda Kodiaq

Obr.7 – Ilustrační obrázek Škoda Kodiaq

Obr.8 – Tabulka technické parametry Škoda Superb

Obr.9 – Graf rok a měsíc výroby Škoda Superb

Obr.10 – Ilustrační obrázek Škoda Superb kombi

Obr.11 – Tabulka technické parametry Škoda Rapid

Obr.12 – Graf rok a měsíc výroby Škoda Rapid

Obr.13 – Ilustrační obrázek Škoda Rapid

Obr.14 – Tabulka technické parametry Škoda Karoq

Obr.15 – Graf rok a měsíc výroby Škoda Karoq

Obr.16 – Ilustrační obrázek Škoda Karoq

Obr.17 – Tabulka technické parametry Volkswagen Golf

Obr.18 – Graf rok a měsíc výroby Volkswagen Golf

Obr.19 – Ilustrační obrázek Volkswagen Golf

Obr.20 – Oboustranný konfidenční interval

Obr.21 – Levostranný a pravostranný konfidenční interval

Obr.22 – Graf hustoty pravděpodobnosti chí kvadrát rozdělení

Obr.23 – Schéma r-plán limitovaný 10. poruchou

Obr.24 – Schéma t-plán

Obr.25 – Tabulka symbolů zkušebních plánů

Obr.26 – Výpočet akumulovaného pracovního času

Obr.27 – Vysvětlivky značení

Obr.28 – Ilustrační tabulka

Obr.29 – Graf poruchovosti jednotlivých skupin v procentech

Obr.30 – Graf průměrné doby mezi servisními prohlídkami

Obr.31 – Graf počtu servisních prohlídek na jedno vozidlo

Obr.32 – Graf počtu dopravních nehod na jedno vozidlo

Obr.33 – Graf počtu dopravních nehod na 100 000 km

Obr.34 – Graf střední doba mezi poruchami

Obr.35 – Graf střední prostoj v údržbě

Obr.36 – Graf střední ujetá dráha mezi poruchami

Obr.37 – Graf střední doba mezi dopravními nehodami

Obr.38 – Graf střední ujetá dráha mezi dopravními nehodami

Obr.39 – Graf střední doba mezi poruchami pohonné soustavy

Obr.40 – Graf střední ujetá dráha mezi poruchami pohonné soustavy

Obr.41 – Graf střední doba mezi poruchami podvozku

Obr.42 – Graf střední ujetá dráha mezi poruchami podvozku

Obr.43 – Graf střední doba mezi poruchami karosérie

Obr.44 – Graf střední ujetá dráha mezi poruchami karosérie

Obr.45 – Graf střední náklady na dopravní nehodu

Obr.46 – Graf střední náklady na údržbu

## 9. Seznam příloh

Poměr počtu vozidel	
Škoda Kodiah	0,26
Škoda Superb	0,48
Škoda Rapid	0,07
Škoda Karoq	0,07
Volkswagen Golf	0,12

Příloha č.1 – Tabulka poměr počtu vozidel [autor: Jan Mokryš]

Staří vozidel	
Volkswagen Golf	23,53
Škoda Kodiah	24,27
Škoda Karoq	25,37
Škoda Superb	27,12
Škoda Rapid	29,79

Příloha č.2 – Tabulka stáří vozidel [autor: Jan Mokryš]

Počet SP na jedno vozidlo	
Škoda Karoq	0,63
Volkswagen Golf	0,75
Škoda Rapid	1,11
Škoda Kodiah	1,54
Škoda Superb	2,14

Příloha č.3 – Tabulka počet servisních prohlídek na jedno vozidlo [autor: Jan Mokryš]



Počet DN na jedno vozidlo	
Volkswagen Golf	0,56
Škoda Karoq	0,84
Škoda Rapid	1,05
Škoda Kodíaq	1,37
Škoda Superb	1,83

Příloha č.4 – Tabulka počet dopravních nehod na jedno vozidlo [autor: Jan Mokryš]

Počet DN na 100 000 km	
Škoda Superb	2,27
Škoda Kodíaq	2,38
Škoda Rapid	3,94
Škoda Karoq	4,01
Volkswagen Golf	5,53

Příloha č.5 – Tabulka počet dopravních nehod na 100 000 km [autor: Jan Mokryš]

Průměrná doba mezi SP	
Škoda Rapid	23,52
Volkswagen Golf	20,21
Škoda Superb	20,08
Škoda Karoq	18,42
Škoda Kodíaq	17,16

Příloha č.6 – Tabulka průměrná doba mezi servisními prohlídkami [autor: Jan Mokryš]

Střední doba mezi poruchami	
Volkswagen Golf	26 487
Škoda Karoq	26 450
Škoda Rapid	21 205
Škoda Kodíaq	10 364
Škoda Superb	8 468

Příloha č.7 – Tabulka střední doba mezi poruchami [autor: Jan Mokryš]

Střední ujetá dráha mezi poruchami	
Škoda Superb	56 227
Škoda Kodíaq	48 094
Škoda Rapid	26 788
Škoda Karoq	23 069
Volkswagen Golf	16 731

Příloha č.8 – Tabulka střední ujetá dráha mezi poruchami [autor: Jan Mokryš]

Střední doba mezi por. pohonné s.	
Škoda Superb	79 759
Škoda Rapid	75 531
Volkswagen Golf	66 695
Škoda Karoq	64 578
Škoda Kodíaq	59 832

Příloha č.9 – Tabulka střední doba mezi poruchami pohonné soustavy [autor: Jan Mokryš]

Střední ujetá dráha mezi por. pohonné s.	
Škoda Superb	67 590
Škoda Kodíaq	58 427
Škoda Rapid	12 850
Volkswagen Golf	12 820
Škoda Karoq	12 771

Příloha č.10 – Tabulka střední ujetá dráha mezi poruchami pohonné soustavy [autor: Jan Mokryš]

Střední doba mezi por. podvozku	
Volkswagen Golf	231 538
Škoda Rapid	174 586
Škoda Karoq	149 269
Škoda Kodiaq	26 133
Škoda Superb	21 289

Příloha č.11 – Tabulka střední doba mezi poruchami podvozku [autor: Jan Mokryš]

Střední ujetá dráha mezi por. podvozku	
Škoda Superb	65 009
Škoda Kodiaq	52 471
Škoda Rapid	0
Škoda Karoq	0
Volkswagen Golf	0

Příloha č.12 – Tabulka střední ujetá dráha mezi poruchami podvozku [autor: Jan Mokryš]

Střední doba mezi por. karosérie	
Volkswagen Golf	34 604
Škoda Karoq	32 634
Škoda Rapid	24 220
Škoda Kodiaq	19 605
Škoda Superb	15 380

Příloha č.13 – Tabulka střední doba mezi poruchami karosérie [autor: Jan Mokryš]

Střední ujetá dráha mezi por. karosérie	
Škoda Superb	58 110
Škoda Kodiaq	50 950
Škoda Rapid	26 476
Škoda Karoq	22 010
Volkswagen Golf	15 207

*Příloha č.14 – Tabulka střední ujetá dráha mezi poruchami karosérie [autor: Jan Mokryš]*

Značka	Typ	Počet
Audi	A8	7
Bmw	I3	6
Dacia	Dokker	25
	Duster	141
	Lodgy	1
Ford	Tourneo	1
	Transit	10
Hyundai	Ionig	8
	Kona	4
Kia	Soul	1
Mercedes	S 560	1
	Sprinter	2
	Vito	48
	V	1
Nissan	E-NV	1
	Leaf	3
Opel	Movano	1
Peugeot	Expert	2
	Partner	6
	Rifter	2
Renault	Kangoo	4
Škoda	Citigo	1
	Fabia	1172
	Karoq	19
	Kodiaq	70
	Octavia	920
	Rapid	19
	Roomster	1
	Superb	132
	Yeti	80
VW	Caddy	174
	Golf	32
	Transporter	1
	Up!	2

Příloha č.15 – Tabulka schéma značek [autor: Jan Mokryš]

Parametr	Škoda Kodiak	Škoda Superb	Škoda Rapid	Škoda Karoq	Volkswagen Golf					
Střední doba mezi dopravními nehodami	Minimum	1 440	Minimum	720	Minimum	1 440				
	5 procent	10 587	5 procent	9 358	5 procent	13 832	5 procent	14 144	5 procent	19 974
	Střed	12 692	Střed	10 458	Střed	21 200	Střed	22 937	Střed	31 412
	95 procent	14 797	95 procent	11 559	95 procent	28 567	95 procent	31 730	95 procent	42 850
Maximum	26 640	Maximum	32 400	Maximum	23 760	Maximum	15 840	Maximum	22 320	
Střední ujetá dráha mezi dopravními nehodami	Minimum	50	Minimum	37	Minimum	50	Minimum	3 135	Minimum	255
	5 procent	28 207	5 procent	35 803	5 procent	18 358	5 procent	12 317	5 procent	16 250
	Střed	33 814	Střed	40 013	Střed	28 135	Střed	19 975	Střed	25 556
	95 procent	39 422	95 procent	44 224	95 procent	37 913	95 procent	27 632	95 procent	34 862
Maximum	145 913	Maximum	217 069	Maximum	59 949	Maximum	47 094	Maximum	67 583	
Střední náklady na dopravní nehodu	Minimum	487	Minimum	640	Minimum	599	Minimum	1 200	Minimum	1 750
	5 procent	14 561	5 procent	19 824	5 procent	10 053	5 procent	19 307	5 procent	19 166
	Střed	17 104	Střed	21 902	Střed	14 542	Střed	31 870	Střed	27 517
	95 procent	19 647	95 procent	23 981	95 procent	19 031	95 procent	44 434	95 procent	35 865
Maximum	210 199	Maximum	300 000	Maximum	61 916	Maximum	70 987	Maximum	272 902	
Střední náklady na údržbu	Minimum	96	Minimum	106	Minimum	146	Minimum	86	Minimum	408
	5 procent	5 836	5 procent	9 908	5 procent	1 961	5 procent	1 657	5 procent	4 613
	Střed	6 555	Střed	10 605	Střed	2 697	Střed	2 290	Střed	5 536
	95 procent	7 273	95 procent	11 301	95 procent	3 432	95 procent	2 923	95 procent	6 455
Maximum	26 314	Maximum	45 040	Maximum	6 168	Maximum	6 078	Maximum	33 298	



Střední prostoj v údržbě	
Škoda Kodiak	198
Škoda Superb	224
Škoda Rapid	340
Škoda Karoq	386
Volkswagen Golf	479

Příloha č.17 – Tabulka střední prostoj v údržbě [autor: Jan Mokryš]

Škoda kodiak		Škoda Superb		Škoda Rapid		Škoda Karoq		Volkswagen Golf	
Počet por.	102	Počet por.	275	Počet por.	13	Počet por.	8	Počet por.	14
Celkem počet. Voz.	70	Celkem počet. Voz.	132	Celkem počet. Voz.	19	Celkem počet. Voz.	19	Celkem počet. Voz.	32
Průměr počtu por	1,46	Průměr počtu por	2,08	Průměr počtu por	0,68	Průměr počtu por	0,42	Průměr počtu por	0,44
Poháněcí soustava	14	Poháněcí soustava	24	Poháněcí soustava	2	Poháněcí soustava	2	Poháněcí soustava	4
Podvozek	37	Podvozek	104	Podvozek	0	Podvozek	0	Podvozek	0
Karoserie	51	Karoserie	147	Karoserie	11	Karoserie	6	Karoserie	10
Počet zánamů DN	120	Počet zánamů DN	298	Počet zánamů DN	26	Počet zánamů DN	15	Počet zánamů DN	27
Počet zánamů údrž.	223	Počet zánamů údrž.	624	Počet zánamů údrž.	34	Počet zánamů údrž.	33	Počet zánamů údrž.	95
Počet serv. Proh.	108	Počet serv. Proh.	282	Počet serv. Proh.	21	Počet serv. Proh.	12	Počet serv. Proh.	24
Počet nehod	96	Počet nehod	242	Počet nehod	20	Počet nehod	16	Počet nehod	18
Průměr km na DH	41 973	Průměr km na DH	51 331	Průměr km na DH	26 676	Průměr km na DH	18 707	Průměr km na DH	24 097
Celk. počet km/1000l	40,29	Celk. počet km/1000l	124,22	Celk. počet km/1000l	5,34	Celk. počet km/1000l	2,99316	Celk. počet km/1000l	4,34
Průměr-dh/100000	2,38	Průměr-dh/100000	2,27	Průměr-dh/100000	3,94	Průměr-dh/100000	4,01	Průměr-dh/100000	5,53

Příloha č.18 – Tabulka všech ostatních parametrů a statistik [autor: Jan Mokryš]

Parametr	Škoda Kodiak			Škoda Superb			Škoda Rapid			Škoda Karoq			Volkswagen Golf		
Poruchovost v procentech	Pohonná soust.		20,00	Pohonná soust.		18,18	Pohonná soust.		10,53	Pohonná soust.		10,53	Pohonná soust.		12,50
	Podvozek		52,86	Podvozek		78,79	Podvozek		0,00	Podvozek		0,00	Podvozek		0,00
	Karosérie		72,86	Karosérie		111,36	Karosérie		57,89	Karosérie		31,58	Karosérie		31,25

Příloha č.19 – Tabulka poruchovost v procentech [autor: Jan Mokryš]



